NEUE UNTERSUCHUNGEN

ÜBER

DIE ENTWICKELUNG, DAS WACHSTHUM, DIE NEUBILDUNG

UND

DEN FEINEREN BAU DER MUSKELFASERN.

ANGESTELLT VON

DR. THEODOR MARGO,

ORD. PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE, ALLG. PATHOLOGIE UND PHARMAKOLOGIE IN CLAUSENBURG.

MIT V TAFELN.

VORGELEGT IN DER SITZUNG DER MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHEN CLASSE AM 17. MÄRZ 1859.

EINLEITUNG.

Zur definitiven Entscheidung des noch immer herrschenden Streites über den feineren Bau der Muskelfasern ist wohl die Frage über ihre Entwickelung eine der wichtigsten. Die bis jetzt über diesen Theil der Histogenese von den Histologen gemachten Beobachtungen sind zu einer klaren Vorstellung des Entwickelungsganges der Muskelfaser unzureichend.

Bekanntlich hat sich in neuester Zeit hinsichtlich der feineren Structur der Muskelfasern die von Bowman[1]) ursprünglich aufgestellte, von E. Brücke[2]) modificirte Ansicht Bahn gebrochen. Es wäre daher von hohem Interesse zu ermitteln, ob diese Theorie auch mit der Genese der Muskelfasern übereinstimme.

Für die Entwickelung der Muskelfasern beginnt eigentlich die genauere histologische Untersuchung mit Schwann[3]) und Valentin[4]), deren Ansichten bislang noch als die herrschenden betrachtet wurden. Beide nahmen an, dass die animalen Muskelfasern durch Ver-

---

1) Muscle and Muscular Action, in Todd's Cyclopaedia of Anatomy; und On the minute structure and movements of voluntary muscle, in Philosoph. Transactions. 1840, II; 1841, I.

2) Untersuchungen über den Bau der Muskelfasern mit Hilfe des polarisirten Lichtes, mit II Tafeln, aus dem XV. Bde. der Denkschriften der mathem.-naturw. Classe der kais. Akademie der Wissenschaften.

3) Mikroskopische Untersuchungen über die Übereinstimmung in der Structur und dem Wachsthum der Thiere und Pflanzen. S. 156 ff., S. 169. Taf. III, Fig. 13, Taf. IV, Fig. 1, 2, 3, 4, 5.

4) Historiae evolutionis systematis muscularis prolusio. Wratislaviae 1832. — Seine Entwickelungsgeschichte, S. 166 und Müller's Archiv 1840, S. 198.

schmelzung rundlicher, nachher etwas in die Länge gezogener, reihenweis geordneter Zellen entstehen, doch was die weitere Bildung der contractilen Substanz, so wie des Sarcolemma anbelangt, weichen ihre Meinungen darin von einander ab, dass Schwann die Bildung der Fibrillen innerhalb, Valentin aber ausserhalb der aus verschmolzenen Zellen entstandenen Muskelröhre verlegt und dass Ersterer das Sarcolemma als die Summe der Zellenmembranen, Letzterer als eine neue um die Muskelfibrillen erzeugte Bildung betrachtet.

Schon durch diese erste Divergenz der Ansichten ward das Lager der Histologen in zwei Theile gespalten.

Pappenheim[1]), Reichert[2]), Günther[3]), Kölliker[4]), Gerlach[5]), Krammer[6]) sind der Ansicht Schwann's mehr oder weniger beigetreten. Andere wieder, mit Henle[7]) an der Spitze, schlossen sich Valentin's Entwicklungsweise an, indem sie die Fibrillen für eine secundäre Ablagerung über einen aus an einander gereihten Zellen bestehenden Cylinder, und die Scheide des Primitivbündels für eine aus verschmolzenen abgeplatteten Zellen gebildete Membran halten.

Während so zwischen den Ansichten Schwann's und Valentin's die Histologen bis in die neueste Zeit schwankten, tauchten allmählich über diese Frage auch andere, ganz entgegengesetzte Meinungen auf.

Prevost und Lebert[8]) waren die ersten, welche die Entwickelung der Muskelfasern des Frosches aus einfachen, nach beiden Seiten sich verlängernden Zellen beschrieben haben; diese Zellen sollen Anfangs oval, dann Cylindern mit abgerundeten Enden ähnlich sein und in ihrem Innern reihenweis geordnete Kügelchen enthalten.

Bald darauf liess Remak[9]) die Bündel der gestreiften wie der glatten Muskeln durch Verlängerung je einer Kernzelle entstehen, deren Kerne sich selbständig vermehren, die Scheide oder das Sarcolemma erklärte er zugleich für ein Product späterer Bildung.

Diesem von Remak angegebenen vereinfachten Entwickelungsmodus widersprachen jedoch die von Reichert[10]) und Holst[11]) gemachten Beobachtungen, denen zufolge nicht die Muskelfasern, sondern die Fibrillen selbst ursprünglich jede aus einer einzigen Zelle hervorgehen sollten; die Fibrillen sollen dann zu Bündeln, die kleinern Bündel zu grösseren zusammentreten und die äussere Scheide zuletzt gebildet werden.

Die späteren Untersuchungen in diesem Gebiete der Histogenese dienten zumeist blos zur Bestätigung der einen oder der anderen der hier angeführten Ansichten.

---

[1]) Zur Kenntniss der Verdauung im gesunden und kranken Zustande. Breslau 1839, S. 111.

[2]) Entwickelungsleben im Wirbelthierreiche. Berlin 1840. S. 241.

[3]) Lehrbuch der allgemeinen Physiologie. Leipzig. S. 369. — Canstatt's Jahresb. für 1845, S. 72.

[4]) Annales des sciences naturelles. 1846. Note sur le développement des tissus chez les batraciens, pag. 93. — Canstatt's Jahresb. für 1846, S. 70. — Mikroskopische Anatomie, Bd. II, 1. Hälfte, S. 252—259.

[5]) Handbuch der allgemeinen und speciellen Gewebelehre des menschlichen Körpers. Mainz 1848. S. 100 ff., und Canstatt's Jahresb. für 1848, S. 42.

[6]) Bemerkungen über das Zellenleben in der Entwickelung des Froscheies, in Müller's Archiv 1848, S. 60 und Canstatt's Jahresb für 1848, S. 42.

[7]) Allgemeine Anatomie. Leipzig 1841. S. 602.

[8]) Annales des sc. nat. 3ième Série. 1844. Avril, Mai, Octobre. — Mémoire sur la formation des organes de la circulation et du sang dans les batraciens, und in Canstatt's Jahresb. für 1844, Bd. 1, S. 21.

[9]) Über die Entwickelung der Muskelprimitivbündel, in Froriep's Neue Notizen, 1845, Nr. 768.

[10]) Müller's Archiv 1847. Jahresbericht, S. 17.

[11]) De structura musculorum in genere et annulatorum musculis in specie observationes microsc. c. tab. — Dissertatio inaug. Dorpat 1846. — Auch in Canstatt's Jahresb. für 1847, Bd. I, S. 56—57.

So stimmen die Erfahrungen von Günzburg[1]), Robin[2]) und Haeckel[3]) grossentheils für die von Schwann aufgestellte Theorie.

Leydig's[4]) Beobachtungen zufolge soll eine Gruppe von Muskelzellen seitlich mit ihren Rändern verschmolzen einen sogenannten Primitivbündel herstellen, das Sarcolemma aber soll nichts Anderes sein als homogene Bindesubstanz, welche eine Gruppe von Muskelcylindern oder den sogenannten Primitivbündel einschliesst.

Die neueren Untersuchungen Lebert's[5]) endlich, so wie Remak's[6]) und in neuester Zeit auch Kölliker's[7]) scheinen den von Remak und Lebert früher schon beschriebenen Bildungsmodus zu bestätigen.

Diese Verschiedenheit der Ansichten über einen und denselben Gegenstand liefert freilich einen nicht sehr starken Beleg für die Sicherheit unserer sinnlichen Wahrnehmungen und deren richtige Deutung, findet jedoch in der Schwierigkeit des Beobachteten einigermassen ihre Erklärung.

Nur in Betreff der verästelten Muskelbündel des Herzens stimmen fast die Meisten darin überein, dass die mit drei bis vier Fortsätzen versehenen Muskelzellen mit einander verwachsen und so wahre Muskelfasernetze bilden sollen.

Über die Bedeutung der willkürlichen quergestreiften Muskelfaser schwankte man jedoch bisher zwischen folgenden Möglichkeiten. Erstens: die Muskelfaser ist Resultat einer Verschmelzung von Zellen oder Zellenmembranen; zweitens: sie ist einer einfachen ungemein verlängerten Kernzelle äquivalent.

Im ersteren Falle dachte man sich das Verschmelzen der Zellen mit einander nach einer einfachen Längsreihe, oder man stellte sich die Bildung der Muskelfaser durch seitliches Verschmelzen mehrerer Zellen vor. Bei den Einen so wie bei den Anderen herrschen dann noch manche Unterschiede bezüglich der Entstehungsweise des Sarcolemma, der Fibrillensubstanz. der Natur der Kerne innerhalb der Bildungszellen.

Den Einen ist das Sarcolemma identisch mit der Summe der verschmolzenen Zellenmembranen und die sogenannte Fibrillensubstanz blos metamorphosirter Inhalt der primitiven Muskelröhre [Schwann, Günther, Kölliker, Gerlach, Krammer[8]), Bendz[9])], den Anderen aber ist sowohl das Eine als das Andere ein secundäres Umlagerungsgebilde. um eine ursprünglich verschmolzene Zellenreihe [Valentin, Henle[10])]. Günzburg[11]) betrachtet die Fibrillen nicht für metamorphosirten Inhalt der Muskelröhre, sondern für umgewandelte Kernsubstanz. Robin[12]) nimmt zwar eine Verschmelzung der Zellen nach der Längsreihe an, spricht jedoch nicht von Zellen nach dem Schwann'schen Typus, sondern nur von kernhaltigen Körperchen *(corps myoplastiques)*.

---

1) Untersuchungen S. 1 und Canstatt's Jahresb. für 1854, Bd. I, S. 52.

2) Mémoire sur la naissance et le développement des elements musculaires de la vie animale et du coeur. Gazette médicale 1855. Nr. 25, pag. 387, und Canstatt's Jahresb. für 1855, Bd. I, S. 38.

3) Über die Gewebe des Flusskrebses. in Müller's Archiv 1857, S. 486.

4) Lehrbuch der Histologie des Menschen und der Thiere. 1857, S. 46, 47.

5) Annales des sc. nat. 1849, Juin, pag. 349, pl. XI—XIII und Canstatt's Jahresb. für 1849, Bd. I, S. 40.

6) Über den Bau des Herzens, in Müller's Archiv 1850, S. 76, 88. Canstatt's Jahresb. für 1850, Bd. I, S. 41.

7) Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie, Bd. IX: Entwickelung der quergestreiften Muskelfasern des Menschen aus einfachen Zellen, S. 139 und Entwickelung der Muskelfasern der Batrachier, S. 141 ff. — Canstatt's Jahresb. für 1857, S. 36.

8) A. a. O.

9) Handbog i den almindelige Anatomie. Kjöbenhavn, pag. 384 ff. und Canstatt's Jahresb. für 1847, Bd. 1, S. 56.

10) 11) 12) A. a. O.

Nicht minder weichen die Beobachtungen jener Autoren von einander ab, welche eine seitliche Verschmelzung von Zellen annehmen. Nach Reichert und Holst[1]) wäre das Fibrillenbündel Product dieser seitlichen Verschmelzung und jede Fibrille entspräche somit einer ungemein verlängerten Zelle; nach Leydig[2]) aber, der die Existenz der Fibrillen schlechtweg läugnet, wäre es der embryonale Muskelbündel, der den seitlich verschmelzenden Zellen — Primitivcylindern — sein Dasein zu verdanken hätte, nachdem er sich weiterhin verlängernd, endlich in seine Fleischpartikelchen differenzirte.

So differiren auch die Ansichten derjenigen, welche die quergestreifte Muskelfaser für eine einfache durch Vermehrung der Kerne verlängerte Zelle halten, darin, dass die Einen [Remak, Kölliker[3])] die Bildungselemente derselben als wirkliche Zellen nach dem bekannten Schwann'schen Typus betrachten, die Anderen [Prevost und Lebert[4])] dieselben nicht für wirkliche Zellen, sondern blos für kernhaltige oder auch kernlose feste Körperchen (myogenen Körper) anerkennen wollen.

Bei einer so grossen Divergenz der Ansichten ist wohl nicht so leicht, der einen oder anderen Theorie sich ohne Weiteres anzuschliessen und sich mit der bisherigen Deutung des Beobachteten zufrieden zu stellen, wiewohl jede der Angaben gewisse Beobachtungen für sich anzuführen vermag.

Dies mögen wohl die Gründe gewesen sein, die mich bewogen hatten einige den Ausgeburten der Phantasie nicht unähnliche Theorien, wie die von Barry und Baumgärtner, hier gänzlich mit Stillschweigen zu übergehen.

Es wäre daher wohl jetzt mehr als je an der Zeit, die vielen divergirenden Meinungen in diesem Gebiete der Histogenese einmal einer strengen Controle zu unterziehen und genau zu ermitteln was sie des Wahren, Bleibenden, und was sie des Vergänglichen, Irrthümlichen enthalten.

Die Muskellehre hat überdies auch ihre pia desideria, die jedem wahren Freunde der Natur gewiss am Herzen liegen.

Bekanntlich nennen wir musculös ein jedes Gewebe, das die Fähigkeit besitzt auf Reize im Molecularbewegungen zu gerathen und sich zu verkürzen, dabei aber aus gewissen morphologischen Einheiten, den gestreiften Muskelfasern oder den musculösen Faserzellen zusammengesetzt ist. Leider aber kennen wir bereits manche Gewebe, denen die erstere Eigenschaft — die Contractilität nämlich — mit vollem Rechte zukommt, wiewohl die bis jetzt bekannten histologischen Elemente der musculösen Gebilde auf sie durchaus nicht anwendbar sind.

Auf ein solches Gewebe, das bei vielen wirbellosen Thieren an die Stelle der Muskeln tritt, hat zuerst Dujardin[5]) die Aufmerksamkeit der Histologen gelenkt und es „Sarcode" genannt.

Auch ist bei Räderthierchen und Tartigraden die contractile Substanz nach Doyère's[6]) Untersuchungen vollkommen homogen, weich, ohne Spur weiterer Organisation, ganz der Sarcode ähnlich.

---

[1]) [2]) [3]) [4]) A. a. O.

[5]) Histoire naturelle des Infusoires. Paris 1841, pag. 35 ff.

[6]) Annales des sciences naturelles. 2. Série. Vol. XIV, 1840; Vol. XVII, 1842; Vol. XVIII, 1842.

Ferner haben die genauen Untersuchungen Stein's[1]) und besonders Czermak's[2]) längst erwiesen, dass die Construction und der Mechanismus des contractilen Stiels der Vorticellinen ein ganz anderer sei, als der von den Physiologen bekannte Bau der übrigen Muskeln, wie wohl ihn bereits O. Schmidt[3]) und Lachmann[4]) in Anbetracht seiner Function „Stielmuskel, Schnellmuskel", und das mit vollem Recht nannten. Es wäre zu erwarten, dass Theile oder Gewebe von gleicher functioneller Eigenschaft auch physikalisch, chemisch und morphologisch mit einander übereinstimmten. Doch ist es Niemandem noch gelungen den Bau des Vorticellenstieles mit den bekannten morphologischen Einheiten der übrigen Muskel vollkommen in Einklang zu bringen.

Nicht minder abweichend und höchst interessant ist die Structur der Muskeln bei *Oxyuris ornata*, welche neuerer Zeit von G. Walther[5]) genauer beschrieben und abgebildet wurde.

Es sei mir gestattet hier noch als letztes Beispiel auf die von Fick[6]) beschriebenen eigenthümlichen Structurverhältnisse der contractilen Wandung des Samenleiters hinzuweisen. Dieser Forscher fand nämlich in der Wandung des *Vas deferens* beim Hunde — und beziehungsweise Menschen — überhaupt keine präformirten morphologischen Muskeleinheiten, nichts was den gestreiften Muskelfasern oder den musculösen Faserzellen nur im geringsten ähnlich wäre. Die im hohen Grade contractilen Elemente bestanden blos aus einem Fasergewebe, das ein continuirliches Geflecht bald sich spaltender, bald wieder sich vereinigender Gewebsbälkchen bildete. Diese Dissonanz lässt sich freilich durch die bisherigen mikroscopischen Beobachtungen nicht ausgleichen, am wenigsten aber dürfte sie meines Erachtens aufgelöst werden durch die willkürliche Annahme desselben Autors, dass das fragliche Gewebe ein „elastisches Fasergewebe" sei, welches unter gewissen Verhältnissen Contractilitätsphänomene zeigen kann. Viel richtiger scheint es mir vielmehr das besagte Fasergewebe, so wie alle ähnlichen contractilen Gewebe einstweilen für musculös anzunehmen und den Beweis für die morphologische Übereinstimmung derselben mit den bekannten musculösen Geweben höherer Thiere von späteren Untersuchungen zu erwarten.

Auf dem Wege der Entwicklungsgeschichte wäre es vielleicht möglich zu einem für die verschiedenen contractilen Elemente gemeinschaftlichen Ausgangspunkte zu gelangen, und so einmal eine natürliche Classification sämmtlicher contractilen Gewebe zu begründen.

So vielen Schwierigkeiten und Widersprüchen — die vielleicht zum grossen Theil nur scheinbar sein könnten — gegenüber, wäre es daher von höchster Wichtigkeit, erstens: den wahren Bildungsmodus der musculösen Gebilde auf das genaueste zu constatiren; sodann zu ermitteln, ob die Bildung von Muskelfasern nur an die embryonale Periode des Thieres gebunden ist, oder ob nicht etwa eine Neubildung von Muskelfasern während des Wachsthums eines Individuums oder auch später unter gewissen Verhältnissen stattfindet, und im Bejahungsfalle die Art und Weise dieser Neubildung zu erforschen. Aus den Resultaten dieser Beobachtungen dürften endlich manche Schlussfolgerungen zur Beleuchtung und Ergänzung unserer bisherigen Kenntniss über den Bau der Muskelfasern gezogen werden.

---

[1]) Die Infusionsthierchen auf ihre Entwicklungsgeschichte untersucht, 1854, S. 78 ff.

[2]) Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie, IV. Bd. S. 438.

[3]) Handbuch der vergleichenden Anatomie. Jena 1852, S. 147.

[4]) Über die Organisation der Infusorien etc. Müller's Archiv, 1856, S. 382.

[5]) Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie, VIII. Bd. S. 174 ff. Taf. V, Fig. 7—12.

[6]) Müller's Archiv, 1856, S. 486 ff.

Zur Beantwortung dieser Fragen habe ich nun vorigen Sommer und Herbst (1858) diese Arbeit unternommen, die Untersuchungen wurden zum grössten Theile im physiologischen Institute der k. k. Wiener Hochschule angestellt, manches aber, was hier nicht zum Abschluss gebracht werden konnte, wurde im darauf folgenden Winter in Pesth fortgesetzt und zu Ende gebracht.

Bei dieser Gelegenheit fühle ich mich zugleich dem ausgezeichneten Leiter der Wiener physiologischen Anstalt Herrn Professor E. Brücke als treuem und erfahrenem Wegweiser auf dieser schwierigen Bahn, zum innigsten Danke verpflichtet.

Auch kann ich nicht umhin, den Herren Professoren Langer und Wedl in Wien meinen wärmsten Dank auszusprechen für die Bereitwilligkeit, mit welcher sie mir im regen wissenschaftlichen Eifer schätzenswerthe Materialien überlassen haben und mir mit ihren werthvollen Rathschlägen freundschaftlichst entgegengekommen sind.

Noch muss ich dankbar bekennen, dass ich durch die Güte des Herrn k. Rathes und Prof. an der Pesther Universität S. Schordann in Stand gesetzt wurde zu meinen Untersuchungen mich eines ausgezeichneten englischen Mikroskopes von Powell et Lealand zu bedienen, das in Hinsicht der Klarheit und Schärfe der Bilder, so wie der grossen penetrirenden und resolvirenden Kraft das Höchste leistet.

Die Messungen der untersuchten Gegenstände wurden theils mit dem englischen Mikroskope, und einem Oberhäuser'schen sehr genauen Mikrometer, theils aber vermittelst eines Nachet'schen Ocularmikrometers angestellt, welches sammt dem dazu gehörigen Instrumente dem physiologischen Institute zu Wien gehört und mir durch Herrn Professor E. Brücke zur Verfügung bereitwilligst gestellt wurde.

Die beigegebenen Abbildungen sind sämmtlich nach der Natur gezeichnet und nichts weniger als schematisch, da selbe die in meinen Präparaten mit dem englischen Mikroskope sichtbaren Bilder möglichst treu darstellen.

Die Zeichnungen sind von der geübten Hand meiner jüngeren und unbefangenen Freunde, der Doctoranden der Medicin C. Heitzmann und G. Kurtz ausgeführt, denen ich hiemit meinen besten Dank sage.

Ich werde vorliegende Arbeit in drei Abschnitten vortragen. Der erste Abschnitt umfasst die Resultate meiner Beobachtungen über die Entwickelung der Muskelfasern; der zweite begreift die von mir gemachten Untersuchungen über das Wachsthum und die Neubildung der Muskelelemente; im dritten Abschnitt endlich werde ich mich mit dem feineren Bau der Muskelfasern beschäftigen.

Pesth, im März 1859.

Der Verfasser.

I. ABSCHNITT.

Über die Entwickelung der Muskelfasern.

Unter den Wirbelthieren, welche ich zu dieser Untersuchung benutzte, muss ich die Larven und Jungen von Fröschen *(Rana temporaria* und *esculenta)* und Kröten *(Bufo cinereus)* mit Vorzug und in erster Reihe nennen, doch ergaben sich zu diesem Zwecke auch Junge von *Perca fluviatilis*, *Scyllium catulus*, *Torpedo marmorata*, Hühnerembryonen und junge Sperlinge, so wie Embryonen der Wanderratte *(Mus decumanus)*, des Schweines, des Rindes, des Pferdes und des Menschen als sehr treffliche Untersuchungsobjecte. Zwischen den wirbellosen Thieren lieferten mir junge Flusskrebse *(Astacus fluviatilis)*, dann Puppen von *Saturnia piri*, Larven von *Dermestes lardarius* und Junge von *Blatta orientalis* die dankbarsten Objecte.

Hinsichtlich der Untersuchungsmethoden glaube ich nicht unerwähnt lassen zu müssen, dass ich, wo es nur thunlich war, möglichst lebensfrische Thiere benutzte; dieselben wurden zu diesem Zwecke in starkem Weingeist erträнkt, und nachdem sie darin einige Tage gelegen hatten, der Präparation und Untersuchung unterworfen.

Diese Methode ergab sich unter allen den bekannten als die allerzweckmässigste, wiewohl ich nicht unterliess namentlich zur Gewinnung anderer Gesichtspunkte auch die von Billroth bekannt gemachte und von Meissner[1]) für die Untersuchung musculöser Faserzellen angerathene verdünnte Holzessigsäure, so wie Kölliker's[2]) Anrathen zufolge die Maceration in dil. Chromsäure gelegentlich in Anwendung zu bringen. Auch erwies sich die Maceration in Alkohol am zweckmässigsten, weil sie fürs Erste die Querstreifen an Muskelelementen überall am deutlichsten zur Erscheinung bringt, dann die Isolirung der Muskelelemente in hohem Grade erleichtert, ohne desshalb nachtheilige Veränderungen an denselben, wie das Aufquellen, Verdunkeln und Zerbröckeln bei der Präparation zu erzeugen.

Zur Aufbewahrung der Präparate wurde theils diluirter Weingeist, theils diluirte wässerige Lösung von doppelt chromsauren Kali, der etwas Glycerin beigegeben ward, benutzt, welche Flüssigkeiten sich auch in der Folge mir als die vortheilhaftesten erwiesen haben. Viele Präparate habe ich zwar auch in anderen Conservirungsmitteln, wie sie von verschiedenen Forschern zur Aufbewahrung und Untersuchung der Muskelfasern angepriesen werden, aufzubewahren versucht, doch machte ich die Erfahrung, dass die Vortheile, die sie

---

[1]) Zeitschrift für rationelle Medicin von Henle und Pfeufer. 1858. II. Bd., 3. Heft, S. 317.

[2]) Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie, IX. Bd., I. Hft., S. 141.

gewähren, viel geringer sind als die Nachtheile, welche sie mit sich bringen und woran endlich nach längerer Zeit auch die schönsten Präparate verderben. So machte Holzessig, Creosot, Sublimatauflösung, Goadby'sche Flüssigkeit die Präparate allmählich dunkler und weniger deutlich, Chromsäure, arsenige Säure, Glycerin, so wie Terpentinöl und Damarlack zu licht und durchscheinend. Diluirtes doppelt chromsaures Kali mit etwas Glycerin, oder auch ohne Glycerin, so wie diluirter Weingeist entsprachen dem Zwecke vollkommen, so dass ich Jedem, der sich mit diesen so zarten Objecten beschäftigt, diese Methode als die vortheilhafteste empfehlen kann.

Die von Prof. Schultze in Rostock zuerst zur Isolation der Pflanzenzellen entdeckte und von Budge[1]) zur Isolirung der Muskelelemente empfohlene Mischung von chlorsaurem Kali und Salpetersäure habe ich ebenfalls versucht; doch fand ich, dass sie die zarten Elemente der Embryonen zu stark angreift und dadurch leicht ein völliges Zerfallen der histologischen embryonalen Muskelelemente in ihre *sarcous elements* bewirkt.

A. Bildung der quergestreiften Muskelfasern bei den Batrachiern.

1. Bildung der contractilen Substanz.

Um die Entwicklung der Muskelfasern kennen zu lernen, sind wohl die Batrachier unter allen Thieren die entsprechendsten Objecte. Die leichte Isolirbarkeit ihrer Muskelelemente, die Grösse derselben, so wie die geringere Menge des umgebenden embryonalen Bindegewebes sind Eigenschaften, die sie zu diesem Zwecke besonders geeignet machen. Da ich die Untersuchung im Sommer und Herbste angestellt hatte, so musste ich mich in Ermangelung sehr junger Froschembryonen mit Frosch- und Krötenlarven, so wie mit jungen, höchstens 25 Millim. langen Fröschen begnügen.

Bringt man ein Stückchen von einem Rückenmuskel auf eine Glasplatte und untersucht es nach vorhergegangenener Isolirung der Muskelfasern mittelst der Präparirnadeln mit dem Mikroskope bei einer 200- bis 360maliger Vergrösserung, so begegnet man neben schon fertigen oder im Wachsthum begriffenen Muskelfasern höchst auffallenden Gebilden, die, wie ich mich später überzeugte, bei der Bildung der Muskelfasern eine höchst wichtige Rolle spielen. Oft erscheinen sie im Blastem zwischen den fertigen Muskelfasern eingelagert; man findet sie jedoch ziemlich häufig auch innerhalb der Sarcolemmaschläuche, zwischen dem Sarcolemma und der contractilen Substanz der Muskelfasern (Taf. I, Fig. 1, 7), mitunter füllen sie einen ganzen Sarcolemmaschlauch vollkommen aus (Taf. I, Fig. 6 *e*).

Es sind dies rundliche, rundlich-ovale oder cylindrische mit abgerundeten Enden versehene Körperchen von 0·0117 bis 0·0147 Millim. Länge und 0·0058 bis 0·0088 Millim. Breite. Die meisten zeigen deutliche Querstreifen, stark marquirte Contouren, grosse Lichtbrechungskraft und bergen häufig in ihrem Innern ein oder zwei lichte runde Bläschen von 0·0028 bis 0·0035 Millim. Manche liegen isolirt im Blastem, entweder gerade oder sanft gekrümmt, bohnenförmig oder halbmondförmig zusammengerollt, andere wieder zu zweien, dreien und mehrere neben einander vom Sarcolemmaschlauch eingeschlossen, rundliche oder länglich-ovale Knäuel oder Inseln innerhalb des Schlauches bildend; in welchem Falle sie sich häufig zum Theil gegenseitig decken oder mit ihren concaven Rändern einander zuge-

---

[1]) Archiv für physiologische Heilkunde, Neue Folge, II. Bd., 1858, 1. Hft. S. 72.

kehrt sind. Die Länge solcher Knäuel beträgt 0·0205 Millim., die Breite 0·0147 Millim. im Mittel (Taf. I, Fig. 4 *d* — Fig. 7 *b*, *b*, *b*). Ähnlichen einzelnen oder auch gruppenweise beisammenliegenden Körperchen begegnet man oft längs der fertigen und im Wachsthum noch begriffenen Muskelfasern (Taf. I, Fig. 9 *e*, *e*, *e*, *e*), so wie auch an den Übergangsstellen der Muskelfasern in die Sehne (Taf. I, Fig. 10 *b* und Taf. II, Fig. 11 *a*). Die grösseren dieser Körperchen hatten stets eine sehr deutliche Querstreifung, die kleineren manchmal nur eine Andeutung derselben; manche schienen blos einen homogenen stark lichtbrechenden Inhalt zu enthalten, in welchem dann ausser dem lichten runden Kernbläschen einige zerstreute Molecularkörnchen wahrgenommen werden konnten.

Was die charakteristische Querstreifung dieser Körperchen anbelangt, so scheint diese aus parallelen, durch die ganze Dicke derselben gehenden Querzonen oder Querschichten erzeugt, von denen die eine aus stärker, die andere aus schwächer lichtbrechender Substanz besteht. Diese beiden Arten von Querzonen wechseln der Länge nach mit einander ab und stehen zur Längsaxe des Körperchens unter einem geraden Winkel. Der Abstand je zweier stärker lichtbrechender Zonen beträgt ungefähr 0·0014 bis 0·0016 Millim. Die Zahl dieser Querzonen ist bei den verschiedenen Körperchen, je nach der Länge derselben, verschieden; bei den grösseren konnte ich bei 525maliger Vergrösserung 7 bis 10 solcher stark lichtbrechender Querzonen mit grösster Deutlichkeit abzählen, so dass auf einen Raum von 0·0058 Millim. gewöhnlich vier stark lichtbrechende Zonen zu liegen kamen.

Schon bei einer 525maligen Vergrösserung (Ocular I. und Objectiv von $^1/_{12}$ Zoll Focaldistanz) konnte man bei vielen von diesen gestreiften Körperchen in jeder stärker lichtbrechenden Querzone feine mit der Längsaxe derselben gleichlaufende und zu der Querzone senkrechte Linien bemerken, wodurch jede stark lichtbrechende Schichte in eine Anzahl symmetrisch neben einander liegender kleiner Partikelchen von stark lichtbrechender Eigenschaft getheilt schien. Diese Linien stimmen offenbar mit jenen vollkommen überein, welche in neuester Zeit Rollet[1]) und E. Brücke[2]) als Trennungslinien zwischen den einzelnen *Sarcous elements* der quergestreiften Muskelfaser näher beschrieben haben.

Von der Richtigkeit dieses Verhaltens konnte ich mich überdies bei 936maliger Vergrösserung (Objectiv $^1/_{12}$ Zoll Focaldistanz, Ocular II.) noch genauer überzeugen. Man unterscheidet dann ganz deutlich zwei optisch und physikalisch verschiedene Substanzen, aus welchen der Inhalt dieser Körperchen besteht, nämlich eine homogene, weniger lichtbrechende, fast farblose Grundsubstanz, in welcher kleine runde stark lichtbrechende, gelbliche Körnchen symmetrisch in Querreihen neben einander gelagert wahrgenommen werden. Die Körnchen, die nichts anderes als die sogenannten *Sarcous elements* oder Fleischkörnchen sein können, messen ohngefähr 0·0005 bis 0·0007 Millim. (Taf. I, Fig. 3, *A*, *B*).

Prof. Brücke hatte ferner die Güte mit Hülfe des polarisirten Lichts an diesen Körperchen auch die doppelt lichtbrechende Eigenschaft zu constatiren, was um so mehr für ihre musculöse Natur sprechen dürfte.

Das Verhalten dieser quergestreiften Körperchen zu den verschiedenen Reagentien war ein ähnliches, wie das der fertigen quergestreiften Muskelfasern. Wurde etwas dil. Essig-

---

[1]) Untersuchungen zur näheren Kenntniss des Baues der quergestreiften Muskelfaser, mit I Tafel; in den Sitzungsberichten der mathem.-naturw. Classe der kais. Akademie der Wissenschaften, Bd. XXIV, S. 291.

[2]) Untersuchungen über den Bau der Muskelfaser mit Hilfe des polarisirten Lichts, mit II Tafeln. Aus dem XV. Bande der Denkschriften der math.-naturw. Classe der kais. Akademie der Wissenschaften.

säure hinzugesetzt, so erschien die Querstreifung anfangs deutlicher, bald aber wurde ihr Inhalt blasser, so dass die vorher ovalen oder länglichen Körperchen durch Quellung und theilweise Lösung ihres Inhaltes an Grösse zunahmen und eine mehr rundliche Gestalt bekamen. Die meisten wurden durch Essigsäure anfangs nur in der Mitte durchsichtiger, so dass an der Peripherie derselben eine dünne Lage von lichtbrechender Substanz noch übrig blieb und in der Mitte, oder gegen das eine Ende zu, ein deutlicher bläschenartiger Kern zum Vorschein kam. In dieser Gestalt gaben sie sich dem Beobachter als kernhaltige Zellen zu erkennen (Taf. I, Fig. 2). In caustischen Alcalien löst sich ihr Inhalt ebenfalls allmählich und theilweise auf, die Querstreifen werden noch lange nachher gesehen, wiewohl weniger marquirt und viel zarter, die Inhaltsmasse quillt bedeutend auf, um das Doppelte, ja Dreifache und es erscheint endlich in ihrem Innern eine homogene sarcodeartige Masse, in welcher ein oder mehrere stark lichtbrechende Bläschen eingelagert sind. In Salpetersäure werden sie gelb, ja braungefärbt und schrumpfen ein wenig ein. Chromsäure und besonders doppelt chromsaures Kali färbt dieselben merklich gelb und zwar so, dass, zumal bei starken Vergrösserungen, blos die *Sarcous elements* gelb oder grünlichgelb gefärbt erscheinen, während die homogene Grundsubstanz, in welcher jene eingelagert sind, farblos bleibt. Auf Schwefelsäure werden dieselben körnig, dann mehr homogen und quellen endlich stark auf. Arsenige Säure bewirkt, dass sie lichter und blasser werden, die Querstreifen zarter und weniger marquirt. In Schwefeläther werden sie ebenfalls lichter, lösen sich jedoch darin nicht auf.

Die hier beschriebenen optischen, physikalischen und chemischen Eigenschaften dieser Körperchen, so wie ihr constantes Vorkommen und der Ort, wo sie gewöhnlich gefunden werden, berechtigen mich zu der Annahme, dass dieselben eigenthümliche musculöse Gebilde sind.

Um jedoch diese Thatsache gehörig verwerthen zu können, ist noch die Frage zu beantworten, ob die Körperchen in fortschreitender, oder aber in der rückschreitenden Metamorphose begriffen sind. Ich muss gestehen, dass ich anfangs geneigt war selbe für eine Art verkümmerter Muskelfasern zu halten, besonders als ich sie auch im Schwanze der Froschlarven fand. Doch überzeugte ich mich bald, dass sie nie am hintersten Ende, wohl aber häufig an den vorderen seitlichen Theilen des Schwanzes vorkommen, wo bekanntlich bei wachsenden Froschlarven eine stetige Dickenzunahme auch dann beobachtet wird, wenn in Folge weiterer Metamorphosen der Froschlarve die Länge des Schwanzes bereits in der Abnahme begriffen ist. Da aber diese Dickenzunahme ohne eine Bildung von neuen Gewebseinheiten kaum denkbar wäre, so spricht diese Erscheinung offenbar gegen die Vermuthung als wären diese Körperchen etwa verkümmerte oder im Rückschreiten begriffene Muskelfasern. Überdies charakterisirt sich die Involution der Muskelfasern auf eine ganz andere Weise, durch fettige Entartung ihres Inhaltes, oder wohl auch durch Pigmentbildung, wovon ich an jenen Stellen keine Spur je fand.

Zu diesen Gründen bin ich in der Lage noch die anzuführen, dass fragliche Körperchen zumeist am Rücken längs der Wirbelsäule, in der Schultergegend, an den Extremitäten, dann in der Gegend des *M. mylohyoides*, so wie in der Zunge der noch sehr kleinen jungen Frösche vorkommen, Stellen, wo ein rascheres lebhafteres Wachsthum der Muskeln während dieser Periode schon a priori anzunehmen ist. Überdies habe ich späterhin auch an andern annoch in der Entwicklung und im Wachsthum begriffenen Thieren ähnliche Körperchen entdeckt, deren Beschreibung weiter unten folgen wird.

Es bleibt somit keine andere Annahme möglich, als die besagten eigenthümlichen Gebilde unzweifelhaft für musculös und in fortschreitender Metamorphose zu wirklichen quergestreiften Muskelfasern zu halten.

Die hier beschriebenen quergestreiften Körperchen sind somit nichts Anderes als Muskelelemente in mittlerer Entwickelungsstufe, welche bei der Untersuchung der Muskeln an Froschlarven und Froschjungen dem aufmerksamen Beobachter zunächst auffallen.

Es fragt sich nun, welches ist ihre frühere und welches ihre spätere Entwickelungsstufe, woher kommen sie und wohin gehen sie. Mit einem Wort es handelt sich hier um nichts anderes als um den ganzen Verlauf des Bildungsvorganges einer quergestreiften Muskelfaser.

Ich will daher die früheren sowohl, als auch die späteren Entwickelungsphasen dieser Muskelelemente hier näher beschreiben.

Ausser diesen gestreiften Körperchen, welche ich aus weiter unten zu ersehenden Gründen, „Sarcoplasten" nennen will, sieht man in der Nähe derselben, so wie zwischen den übrigen Muskelfasern häufig noch andere Körperchen, die mehr oder weniger rund, und in einem homogenen, fein granulirten Blastem (homogene Bindesubstanz) eingelagert sind. Ihre Grösse ist verschieden; die kleinsten messen 0·0083 Millim. bis 0·0110 Millim. im Durchmesser, haben eine runde Gestalt und enthalten einen einfachen oder in Theilung begriffenen Kern nebst Nucleolus. Die Zellmembran umschliesst überdies einen homogenen, feinkörnigen flüssigen Inhalt. Daneben befinden sich oft grössere Zellen von 0·0136 Millim. bis 0·0150 Millim., meist mit zwei deutlichen lichten Kernbläschen, welche ihrer Lage nach zu urtheilen, offenbar durch Theilung entstanden sein mussten, und im Mittel 0·0025 Millim. gross sind. Der Inhalt dieser grösseren Zellen erscheint mehr körnig, so dass im homogenen Inhalt stark lichtbrechende runde Körnchen eingebettet wahrzunehmen sind, welche durch doppelt chromsaures Kali merklich grünlichgelb gefärbt werden. Man findet ähnliche Zellen, die bereits 0·0166 Millim. gross sind und drei junge Kerne enthalten, wovon jeder ein stark glänzendes kleineres Bläschen (Nucleolus) in seinem Innern einschliesst. Die Kerne dieser Zellen sind auch der Grösse ihrer Zellen entsprechend grösser, im Mittel wohl bis 0·0050 Millim. gross (Taf. I, Fig. 1, *B*, *a*. *b*, *c*; Fig. 4 *b*; Fig. 5 *a*, *a*, *a*).

Diese Zellen scheinen durch Endogenose in rascher Vermehrung begriffen zu sein; denn man findet nicht selten zwischen diesen kleineren und grösseren Zellen mit einfachem und mehrfachem Kern, auch solche, die theils rund, theils ellypsoidisch gestaltet, 0·0222 Millim. bis 0·0280 Millim. gross sind und innerhalb einer gemeinschaftlichen Mutterzellenmembran eine Brut von zwei bis fünf, ja sogar acht Tochterzellen enthalten (Taf. I, Fig. 4 *c*, *c*, *c*; Fig. 5 *c*, *c*).

Dass nun diese Zellen es sind, welche als frühere Entwickelungsstufen der oben beschriebenen Sarcoplasten betrachtet werden müssen, dafür glaube ich mehrere Gründe anführen zu können. Erstens finden sich diese Zellen in der Nähe der fertigen oder in der Entwicklung begriffenen Muskelfasern, meist in dem sie umgebenden Blastem, oder den Muskelfasern anliegend. Anderntheils können sie weder Anlagen oder Bildungszellen von Gefässen, noch von Nerven sein, da diese sich auf ganz andere Weise bilden. Es bleibt uns also nichts anderes übrig, als dieselben für die ersten Anlagen der Muskelfasern zu halten. Die Wahrscheinlichkeit dieser Annahme wird aber zur vollen Gewissheit durch den eigenthümlichen Verlauf der Metamorphose dieser Zellen, den ich so glücklich war durch directe Beobachtung zu bestätigen, und der über ihre nächsten Beziehungen zu den Sarcoplasten keinen Zweifel aufkommen lässt.

Betrachtet man nämlich die grösseren dieser Zellen bei 360- oder 525maliger Vergrösserung, so bemerkt man auf der inneren Wand derselben eine das Licht stark brechende, durch doppelt chromsaures Kali gelb sich färbende Substanz von verschiedener Dicke abgelagert, welche in den meisten grösseren Zellen deutliche Querstreifung zeigt. Diese Ablagerung scheint nicht gleichförmig um die ganze Wandung herum sich zu erstrecken, sondern erscheint meist grösser auf der einen Hälfte oder auf zwei Drittel der Wandung. Nicht selten gelang es mir alle diese Übergänge an ein und demselben Präparate zu beobachten, so dass ich mit einem Blick sowohl die kleinen runden kernhaltigen Zellen, wie auch die grösseren Mutterzellen mit ihrer jungen Zellenbrut und an ihren Wandungen die quergestreifte lichtbrechende Substanz deutlich übersehen konnte.

Was die Querstreifen dieser Zellen anlangt, so scheinen diese auch hier, wie bei schon entwickelten Sarcoplasten und Muskelfasern durch zwei verschiedene Substanzen erzeugt, welche senkrecht zur Peripherie der meist ellypsoidischen Zellen und parallel neben einander verlaufen. Auch lassen sich an einzelnen in der stärker lichtbrechenden Schichte die durch parallele feine Strichelchen oder Zwischenräume abgesonderten *Sarcous elements* wahrnehmen, die nach Zusatz von doppelt chromsauren Kali auffallend grünlichgelb gefärbt werden, während die übrige Substanz, in welcher sie eingebettet und durch welche sie von einander getrennt sind, farblos bleibt (Taf. I, Fig. 5).

Ich glaube somit bis jetzt folgende Thatsachen über die Entwickelung der quergestreiften Muskelfaser der Batrachier gewonnen zu haben: In dem structurlosen, gallertigen, homogenen Blastem bilden sich zunächst kleine runde Zellen, ob direct aus indifferenten Embryonalzellen, oder um präformirte Kerne, welche das Product von Embryonalzellen sind, konnte mit Bestimmtheit nicht erwiesen werden; die Gegenwart von freien Kernen zwischen den Zellen scheint einigermassen für das Letztere zu sprechen. Die kernhaltigen Bildungszellen vermehren sich durch Theilung der Kerne und durch Endogenese. Ihr Inhalt scheint allmählich eine eigenthümliche Metamorphose durchzugehen, wobei auf der inneren Fläche der Zellenwand sich die contractile Substanz ablagert. Diese erscheint anfangs homogen, sarcodeartig, später aber differenziren sich in der homogenen Substanz die einzelnen *Sarcous elements*, welche durch ihre regelmässige Lagerung die Ursache der Querstreifung sind. Auf diese Weise scheinen somit die von mir genannten Sarcoplasten zu entstehen. Durch Essigsäure kann bei noch jungen Sarcoplasten die Zellenmembran nachgewiesen werden, später aber scheint diese mit dem contractilen Inhalte fest und innig zu verschmelzen.

Hierin finden nun jene Bilder leicht ihre Erklärung, welche auf Taf. I, Fig. 4 *d*; Fig. 7 *b*; Fig. 9 *e* und Taf. II, Fig. 11 *a* zu sehen sind, und die ich bei Froschlarven und Froschjungen unzähligemal zu beobachten die Gelegenheit hatte; es sind nämlich die aus ihren Mutterzellenmembranen frei gewordenen zu Sarcoplasten bereits umgewandelten Tochterzellen.

Bevor wir die weiteren Schicksale der Sarcoplasten bis zur Constituirung der quergestreiften Muskelfaser verfolgen, glaube ich früher an die Mittheilung einiger Beobachtungen gehen zu müssen, die zum richtigen Verständniss der weiteren Veränderungen beitragen dürften.

Nicht selten habe ich bei günstig ausgefallenen Präparaten die Sarcoplasten in Verbindung mit eigenthümlichen Fäden gesehen. Dies geschah zumeist damals, wenn dieselben in grösseren Zwischenräumen von einander gelagert erschienen. Die Fasern hatten einen

gestreckten oder gewundenen Verlauf im Blastem, oder innerhalb des Sarcolemmaschlauches, und es fehlten auch solche Bilder nicht, wo die Fasern in ihrem Verlauf von einem Sarcoplasten zum andern verfolgt werden konnten (Taf. II. Fig. 11). Sie schienen den feinsten elastischen Fasern sehr ähnlich und hatten einen Durchmesser von 0·0005 Millim. bis 0·0010 Millim. Die Fasern anastomosirten überdies manchmal durch schief verlaufende feine Seitenäste mit einander. Auch liessen sich dieselben hie und da von dem umliegenden Blastem oder dem Sarcolemma vollkommen isoliren, so dass dadurch die Vermuthung, als wären sie erzeugt durch den optischen Ausdruck von Faltungen des Sarcolemmaschlauches oder einer homogenen Bindesubstanz, jeden Anhaltspunkt verliert. Für ihre wirkliche Existenz spricht übrigens noch der Umstand, dass dieselben auch bei anderen Thieren vorkommen, wie dies aus den weiteren Untersuchungen sich erweisen wird.

Einmal sah ich eine solche Faser unterhalb der äussersten Spitze einer embryonalen Muskelfaser aus derselben hervortreten und mit einem zwischen den Fasern des Sehnenbündels eingelagerten Sarcoplasten eine Verbindung eingehen.

Ich behalte mir vor, weiter unten auf diesen interessanten Gegenstand wieder zurückzukommen und musste hier bloss mit dem einfachen Ergebnisse dieser Beobachtung vorgreifen, um das Verständniss des weiteren Entwicklungsganges der Muskelfasern zu erleichtern.

Kehren wir nun zu den Sarcoplasten zurück, deren eigenthümliche Entstehungsweise aus endogen sich vermehrenden Bildungszellen ich oben durch directe Beobachtung bereits erwiesen habe.

Untersucht man an jungen Froschlarven oder kleinen Froschjungen die Muskeln des Rückens, der Schultergegend, der Extremitäten oder den *M. mylohyoides*, an welchen Stellen wegen des rascheren Wachsthums des Körpers oder der Athmungsapparate zwischen den schon fertigen Muskelfasern einzelne noch in der Bildung begriffene zu finden sind, so begegnet man nicht selten Bildern, die sich den früheren leicht anreihen lassen und offenbar höhere Entwicklungsstufen der oben beschriebenen embryonalen Muskelelemente darstellen.

Wurde das Präparat so schonend als möglich verfertigt, so blieben die Sarcoplasten mehr in ihrer natürlichen Lage. Man sieht dann häufig membranöse Schläuche, deren Wandung structurlos oder feinfaserig und hie und da mit kleinen ovalen, blassen Kernen versehen ist. Innerhalb dieser Schläuche, die nichts Anderes sind als Sarcolemmaschläuche, gewahrt man oft Sarcoplasten in dem verschiedensten Grade ihrer Entwickelung, entweder mehr isolirt, oder in kleinen Gruppen zusammengerollt, oder mehr oder weniger gestreckt und dicht neben und hinter einander, den Sarcolemmaschlauch ausfüllend. Es gelingt nicht selten zwischen den schon fertigen Muskelfasern, ähnlichen mit Sarcoplasten ausgefüllten Sarcolemmaschläuchen zu begegnen, so dass abwechselnd zwischen je ein oder zwei fertigen Muskelfasern ein Sarcolemmaschlauch der ganzen Länge nach verläuft, dessen Inhalt noch aus getrennten und mit einander noch nicht verschmolzenen Sarcoplasten besteht (Taf. I. Fig. 6).

Häufig sieht man auch Capillargefässe mit ihren Blutzellen noch als Inhalt in der Nähe dieser Schläuche verlaufen, doch unterscheiden sich diese leicht von den Letzteren dadurch, dass ihr Verlauf nie ein so gestreckter ist wie der der Sarcolemmaschläuche. Die Capillaren winden sich oft längs der Muskelfasern hindurch, indem sie häufig über und unter den Sarcolemmaschläuchen laufen; dann ist ihr Durchmesser um Vieles geringer und ihr Inhalt aus einfachen Reihen von Blutzellen bestehend, an denen die ovalen Kerne sehr deutlich

wahrzunehmen sind. Die Sarcolemmaschläuche hingegen verlaufen gerade, ihr Durchmesser ist grösser und ihr Inhalt wird von den Sarcoplasten gebildet, deren Grösse, Lagerung und die charakteristische Querstreifung nebst starker Lichtbrechungskraft dieselben zwischen allen anderen Gewebselementen leicht erkennbar macht.

Hat man mittelst der Nadeln die einzelnen Elemente mehr isolirt, so reissen oft die Schläuche ein, und es lassen sich dann die einzelnen Sarcoplasten, indem man sie in der umgebenden Flüssigkeit zum Rollen bringt, genauer beobachten.

Man sieht dann einzelne Sarcoplasten verlängert, an einem Ende in zwei bis drei Fortsätze ausgewachsen, die an ihrer Spitze eine kleine, wie von einem lichten Bläschen erzeugte Erhabenheit tragen (Taf. I, Fig. 3, *A* 1, *a*, *b*; Fig. 3, *B* 2, *a*). Manche zeigen an ihren beiden Enden ein solches Bläschen. Nicht selten liegen zwei Bläschen dicht neben einander als wären sie durch Abschnürung aus einem Mutterbläschen entstanden (Taf. I, Fig. 3, *A* 2, *b*; *B* 1, *a*).

Die Theilung dieser Kern- oder Keimbläschen scheint bei den Sarcoplasten in dieser Periode nicht selten vorzukommen und steht mit der Bildung von Fortsätzen höchst wahrscheinlich in ursächlicher Beziehung, in welchem Falle diese auf eine Art Knospung zurückgeführt werden dürfte.

Nicht selten begegnet man Sarcoplasten, aus denen an einem Ende zwei oder drei dünnere Fortsätze, wie die Finger der Hand hervorgewachsen sind (Taf. I, Fig. 3, *A* 2, *B* 2). Häufig findet man aber auch solche Bilder, die der Verschmelzung von zwei oder mehreren Sarcoplasten ihr Dasein zu verdanken scheinen (Taf. I, Fig. 8).

Es gelang mir ferner die Bildung der quergestreiften Muskelfaser durch Verschmelzung der Sarcoplasten zu einer mehr weniger continuirlichen Muskelsubstanz durch directe Beobachtung zu constatiren.

Eine solche embryonale in der Bildung begriffene Muskelfaser ist in Fig. 7 gegeben. Das zarte durchsichtige Sarcolemma (*a*), das zum Theil durch die Präparation gerissen ist, hüllt noch den zugehörigen contractilen Inhalt ein. Dieser besteht theils aus getrennten, theils aus mehr minder verschmolzenen Sarcoplasten. Auf einer Seite bemerkt man unter dem Sarcolemma theils zu Gruppen (*b*, *b*, *b*), theils seitlich neben und hinter einander gelagerte Sarcoplasten (*c*, *c*); auf der anderen Seite liegen Bündelchen von zum Theil mit einander verschmolzenen Sarcoplasten (*d*). Manche derselben befinden sich in der Knospenbildung, und alle zeigten bei genauer Einstellung des Mikroskops eine deutliche Querstreifung mit parallelen Querzonen von abwechselnd stärker und schwächer lichtbrechender Substanz, und in der ersteren die glänzenden *Sarcous elements*.

So wie hier die einzelnen Sarcoplasten von der einen Seite des Sarcolemma zur andern in verschiedenem Verschmelzungszustande begriffen waren, eben so konnte man anderen embryonalen Muskelfasern eine Verschiedenheit in den Elementen ihres Inhaltes der Länge nach beobachten. An der äussersten Spitze der Muskelfasern lagen innerhalb des Sarcolemma die jüngsten Sarcoplasten theils einzeln, theils gruppenweise und durch kleine Zwischenräume von einander gesondert. Der übrige Theil des Inhaltes bestand aus mehr continuirlicher Muskelsubstanz, an welcher die Grenzlinien der seitlich nach Art der Faserzellen sich berührenden und mit einander verschmolzenen Sarcoplasten als dunkle, nicht correspondirende Längslinien noch wahrzunehmen waren (Taf. I, Fig. 8, 10).

Der Verschmelzungsprocess der Sarcoplasten fängt aber bisweilen an beiden Seiten oder längs der ganzen Peripherie der embryonalen Muskelfaser an und schreitet dann allmäh-

lich gegen die Mitte oder die Axe derselben fort, bis endlich der ganze contractile Inhalt des Sarcolemma in eine mehr minder continuirliche Masse verschmolzen ist. In diesem Falle sieht man längs der Axe der Muskelfaser einen Hohlraum verlaufen, der von stark lichtbrechenden, oft quergestreiften, noch getrennten Sarcoplasten ausgefüllt ist, während der periphere Theil derselben aus bereits verschmolzenen Sarcoplasten zu bestehen scheint.

Es scheint kaum zu bezweifeln, dass die hier beschriebenen Bilder die weiteren Übergangstufen der Sarcoplasten bis zur Bildung einer quergestreiften Muskelfaser — oder wichtiger des contractilen Inhaltes derselben — darstellen und gestützt auf zahlreiche Beobachtungen, kann ich mir diesen Übergang auf folgende Weise vorstellen.

Innerhalb des Sarcolemma, oder umgeben von einer structurlosen, kernhaltigen, feinfaserigen Bindesubstanz, dem werdenden Sarcolemma, entstehen zunächst auf die schon oben gegebene Weise Sarcoplasten, diese lagern sich seitlich neben und hinter einander nach Art der Faserzellen und verschmelzen allmählich in eine continuirliche contractile Substanz. Diese Verschmelzung geschieht nicht auf einmal in der ganzen Dicke oder Länge eines Sarcolemmaschlauches, sondern beginnt gewöhnlich an einer Seite und schreitet dann allmählich gegen die andere hin, oder sie fängt längs der ganzen Peripherie an und schreitet gegen die Axe zu.

Fassen wir nun sämmtliche auf die Entstehung und Umwandlung der Sarcoplasten sich beziehenden Thatsachen zusammen, so sehen wir zunächst kleine runde oder ovale kernhaltige eigenthümliche Zellen in einem homogenen gallertigen Blastem entstehen; diese Zellen vermehren sich durch Theilung der Kerne und Endogenese und unterscheiden sich von allen anderen Gewebseinheiten dadurch, dass ihr Inhalt sich allmählich in contractile Substanz umwandelt, die anfangs homogen oder fein granulirt, sarcodeartig ist, bald aber sich in zweierlei Substanzen von verschiedener, optischer, chemischer und physikalischer Eigenschaft sondert, nämlich in die nach Brücke[1]) einfach lichtbrechende oder isotrope Substanz und in die anisotropen oder doppelt lichtbrechenden *Sarcous elements* oder Fleischkörnchen, wobei die Differenzirung stets längs der inneren Zellenwand beginnt und allmählich gegen die Mitte der Bildungszelle fortschreitet, bis der ganze Zellenraum mit der differenzirten contractilen Substanz ausgefüllt ist und die Zellmembran allmählich verschwindet. Die auf solche Weise gebildeten Sarcoplasten lagern sich seitlich neben und hinter einander und verschmelzen endlich zu einer continuirlichen Muskelsubstanz, dem Inhalte des Sarcolemma.

2. Bildung des Sarcolemma.

Die bisher vorgelegten Untersuchungen beziehen sich blos auf den activen Theil der Muskelfaser, nämlich auf den contractilen Inhalt des Sarcolemma, dessen eigenthümliche von mir zuerst in allen seinen Entwicklungsphasen erwiesene Entstehungsweise ich eben beschrieben habe, und zwar zunächst nur für die quergestreifte Muskelfaser der Batrachier. Aus den weiteren Untersuchungen, die ich in der Folge über denselben Gegenstand an Säugethieren, Menschen- und Vogelembryonen, Fischen, Crustaceen und Insecten angestellt hatte, und die weiter unten folgen werden, lässt sich schliessen, dass die oben beschriebene Bildungsweise eine für die meisten Thierclassen allgemein giltige ist.

---

[1]) A. a. O.

Ich habe die contractile Substanz als das Product von Zellen geschildert und die Bildung des quergestreiften Inhaltes des Sarcolemma als einen eigenthümlichen Verschmelzungsprocess der Sarcoplasten beschrieben. Aus dieser Bildungsweise, die ich auf unzählige Thatsachen glaube gestützt zu haben, folgt jedoch von selbst, dass das Sarcolemma als Zellenmembran durchaus nicht betrachtet werden darf. Das Sarcolemma ist keine Zellenmembran und ist auch nicht aus Zellen entstanden.

Folgende Beobachtungen bestätigen die Wahrheit dieser Aussage.

Untersucht man die embryonalen Muskelelemente im frühesten Stadium, so bemerkt man in Bildung begriffene Sarcoplasten in einem homogenen mit kleinen durchsichtigen matt contourirten Kernen reichlich versehenen gallertigen Blastem oder Protoplasma eingebettet. Dieses Blastem, das nichts Anderes als embryonale Bindesubstanz ist, hüllt auch die in Gruppen, so wie die neben einander liegenden Sarcoplasten ein (Fig. 1 *a*; Fig. 4 *a*; Fig. 6 *d*; Fig. 7 *a*), und sie erscheint dann häufig als eine faltige, mit Kernen versehene Membran, an deren inneren Fläche die Sarcoplasten liegen. Zwischen den Sarcoplasten, wie auch an der inneren Fläche des Sarcolemma, sieht man häufig ganz feine Fasern gestreckt oder sich schlängelnd verlaufen. Die Sarcoplasten als Träger der contractilen Substanz sind durch ihre charakteristischen Eigenschaften vom Sarcolemma und den ihm zugehörigen Kernen und Fasern deutlich zu unterscheiden.

Die an der inneren oder auch äusseren Wand des Sarcolemmaschlauches sichtbaren Kerne sind gewöhnlich kleine rundlich ovale Bläschen, mit einer in dil. Essigsäure unlöslichen Membran und klarem von Essigsäure an der Peripherie körnig werdenden Inhalte. Dieselben sind matt contourirt und schliessen meist ein oder mehrere, kleinere homogene Kügelchen ein. Diesen ganz ähnliche Kerne finden sich an den embryonalen Sehnen, wo dieselben in einer anfangs homogenen, später fibrillären Grundsubstanz eingebettet erscheinen.

Nicht selten fand ich zwischen den Faserzügen des Sehnenbündels vollständig ausgebildete Sarcoplasten einzeln oder gruppenweise liegen (Taf. I, Fig. 10 *b*; Taf. II, Fig. 11 *a*, *b*). Überdies sieht man auch die Sehnensubstanz häufig direct in das Sarcolemma übergehen.

Diese Thatsachen im Vereine mit der von mir erwiesenen Bildungsweise der contractilen Substanz sind, wie mir scheint schlagend genug und sprechen offenbar gegen die gewöhnliche Annahme der Entstehung des Sarcolemma aus verschmolzenen Zellenmembranen oder überhaupt aus einer Zellenmembran.

Es bleiben somit nur zwei Möglichkeiten für die Bildung des Sarcolemma; entweder entsteht dasselbe durch eine Art Verdichtung aus der homogenen oder fibrillären Bindesubstanz in Gestalt eines elastischen Begrenzungshäutchens, oder das Sarcolemma ist ein Ausscheidungsproduct der mit einander verschmelzenden Sarcoplasten.

Da das Sarcolemma in vielen Fällen vor der contractilen Substanz entsteht, und bei embryonalen Muskelfasern, wie ich mich bei starker Vergrösserung überzeugte, ausser den bekannten Kernen auch feine Fasern führt, die manchmal mit den Sarcoplasten in Verbindung treten, so kann auch die Entstehung desselben keineswegs dem directen Einfluss der Sarcoplasten zugeschrieben werden. — Doch liegt wohl darin keine zwingender Grund letzteren bei der Bildung des Sarcolemma jedweden Einfluss abzusprechen. Möglich, dass sie blos modificirend auf die chemische Constitution der sie einhüllenden Bindesubstanz einwirken.

Alle meine Beobachtungen hingegen zwingen mich anzunehmen, dass bei der Consolidirung des Sarcolemma die oft in Theilung begriffenen Kerne desselben die Hauptrolle spielen.

Demnach wäre zwischen der contractilen Substanz und dem elastischen Umhüllungsgebilde — dem Sarcolemma — nicht nur ein physiologischer, physikalischer und chemischer, sondern auch ein bedeutender genetischer Unterschied erwiesen.

B. Bildung der Muskelfasern bei Vögeln.

Unter den Vögeln hatte ich blos die Gelegenheit an Hühnerembryonen und jungen Sperlingen die Bildung von quergestreiften Muskelfasern näher zu untersuchen. Die Resultate derselben stimmen mit denen der Batrachier im Ganzen überein.

Um sich davon zu überzeugen wähle man wenigstens 6 bis 7 Tage alte Hühnerembryonen; bei viel jüngeren wird man nie im Stande sein, so instructive Bilder zu erhalten, denn in diesem Falle findet man an den Stellen, welche später von den Sarcoplasten eingenommen werden, nur lang gestreckte, parallel neben einander liegende, längsgestreifte, mehr minder abgeplattete blasse Bänder oder Bündel von gestreifter Bindesubstanz, die sich durch Vermehrung ihrer ovalen mattcontourirten Kerne zu verlängern scheinen.

Es ist dies nichts Anderes als die Bildung des Sarcolemma, welches hier stets vor der contractilen Substanz zu entstehen scheint.

Längs dieser Bündel und Fasern entstehen allmählich kleine runde oder längliche zellenartige Körper mit deutlichem Kerne und lichtem Nucleolus, deren Inhalt anfangs homogen oder fein granulirt, später quergestreift und stark lichtbrechend erscheint. Es sind dies wohl nichts Anderes als Sarcoplasten.

Manchmal sah ich dieselben im Innern eines durchsichtigen Schlauches neben einander gelagert, so dass letzterer dadurch an solchen Stellen weiter, an anderen mit Sarcoplasten nicht ausgefüllten hingegen strang- oder bandförmig collabirt und faltig aussah. Mehrere der Sarcoplasten fand ich auch hier mit feinen Fasern in Verbindung.

Die Länge der Sarcoplasten bei Hühnerembryonen betrug 0·0125 bis 0·0136 Millim., die Breite 0·0055 bis 0·0110 Millim. — Doch fanden sich auch Körper von 0·0333 Millim. Länge, die aber offenbar aus mehreren einfachen Sarcoplasten zusammengesetzt schienen.

Die auffallendsten Bilder boten sich an den Muskelfasern des *M. pectoralis* und *abdominalis* von jungen Sperlingen dar. Die Sarcoplasten lassen sich auch hier als runde oder cylindrische, ovale, das Licht stark brechende Körperchen erkennen, deren Grösse und Inhalt verschieden ist nach ihrem verschiedenen Entwicklungszustande. Die kleineren, rundlich-ovalen mit noch meist homogenem Inhalte waren im Mittel 0·0120 Millim. gross (Taf. II, Fig. 13 *a*), die grösseren cylindrischen, spindelförmigen mit deutlichen Querstreifen versehenen messen gewöhnlich im Mittel 0·0142 Millim. in der Länge, und 0·0088 Millim. in der Breite (Fig. 13 *b*, *b*). Jeder Sarcoplast schien überdies noch im Innern ein lichtes Bläschen von ziemlich constanter Grösse von 0·0035 Millim. zu bergen (Fig. 13 *c*, *c*).

Ausser diesen einzeln oder in Reihen neben einander vorkommenden finden sich dieselben hie und da auch gruppenweise gelagert, so dass jede Gruppe aus mehreren mit ihren Rändern sich deckenden, zusammengekrümmten Cylindern besteht. Die Gruppen sind rund oder oval, von 0·0320 bis 0·0640 Millim. und 0·0170 bis 0·0380 Millim. Breite.

Alle diese länglichen, cylindrischen und spindelförmigen Körperchen zeigen eine ganz deutliche Querstreifung, erzeugt wie bei den übrigen Muskelfasern durch zweierlei Substanzen, einer stärker und einer minder lichtbrechenden, welche abwechselnd hinter einander und unter einem rechten Winkel zur Längsaxe derselben gelagert sind. Bei manchen ist die quergestreifte Substanz blos auf einer Seite zu sehen, gegen die andere hin scheint der Inhalt noch homogen (Fig. 13 *f*).

Ausser ihrem optischen und physikalischen Charakter, stimmen diese Körperchen auch hinsichtlich ihrer chemischen Eigenschaften vollkommen mit den schon oben beschriebenen Sarcoplasten der Batrachier überein.

Es scheint somit bei Vögeln eben so wie bei Batrachiern ein gleicher Bildungsmodus für die animalen Muskelfasern zu herrschen.

C. Bildung der Muskelfasern bei Säugethieren.

Die Untersuchungen, die ich an Embryonen von Wanderratten *(Mus decumanus)*, an Rinds- und Schweinsembryonen, so wie an einem Pferdembryo und an Kaninchen angestellt. führten mich der Hauptsache nach zu denselben Resultaten.

Taf. II, Fig. 14 gibt die Abbildung von Muskelelementen, wie ich sie im *M. pectoralis* eines 42 Millim. langen Embryos von *Mus decumanus* fand. Man sieht in einem feinfaserigen Blastem die Sarcoplasten in verschiedenem Entwicklungszustande und von verschiedener Grösse. Die Länge derselben schwankt zwischen 0·0083 und 0·0277 Millim., die Breite zwischen 0·0045 und 0·0083 Millim. Die frühesten Entwicklungszustände sind durch rundlich-ovale, kernhaltige Zellen mit homogenem Inhalte repräsentirt (*a*, *a*); bei anderen ist der Inhalt bereits zum Theil und längs der inneren Zellenwand differenzirt und quergestreift (*c*, *c*, *c*). Manche liegen in kleinen rundlichen Gruppen beisammen wie frei gewordene Tochterzellen und zeigen bei genauer Einstellung deutliche Querstreifung (*b*). Einige liegen einzeln, andere mehr in dichten Reihen beisammen zwischen den feinen Fasern des Sarcolemma, und zeigen meist an einem Ende im Innern ein kleines rundes lichtes Bläschen. — Auch fehlten in den Präparaten solche Bilder nicht, wo mehrere Sarcoplasten zu einer grösseren Masse verschmolzen waren.

Auch bei diesen Thieren lässt die stark lichtbrechende Kraft der Sarcoplasten, so wie die Querstreifung, welche deutlich wahrzunehmen ist und die chemischen Eigenschaften derselben über ihre musculöse Natur und Bedeutung durchaus keinen Zweifel zu. Die Querstreifung scheint durch parallele senkrecht zur Längsaxe derselben verlaufende abwechselnd stark und schwach lichtbrechende Querschichten oder Plättchen erzeugt; in den ersteren kann man überdies mit starken Vergrösserungen die reihenweise neben einander gelagerten Fleischkörnchen oder *Sarcous elements* wahrnehmen.

Fasern, welche den feinen elastischen Fasern sehr ähnlich sind und im Durchschnitte 0·00092 Millim. messen, verlaufen theils gestreckt, theils geschlängelt in demselben homogenen Blastem, in welchem die Sarcoplasten eingebettet erscheinen (Fig. 14 *f*). Manche dieser Fasern, über deren muthmassliche Bedeutung ich den Leser auf den III. Abschnitt dieser Abhandlung verweise, scheinen auch direct mit den Sarcoplasten in Verbindung zu treten.

Bei Kaninchenembryonen betrug die Länge der Sarcoplasten, welche den Rückenmuskeln entnommen wurden, im Mittel 0·0122 Millim. und die Breite 0·0038 Millim.

Bei einem 9 Centimeter langen Schweinsembryo fand ich ebenfalls die Hals- und Nackenmuskeln aus noch immer nicht vollständig mit einander verschmolzenen Sarcoplasten bestehend. Diese hatten eine Länge von 0·0113 bis 0·0136 Millim. und eine Breite von 0·0025 bis 0·0048 Millim.

Höchst interessant waren die Querschnitte, die ich mir vom *M. Gastrocnemius* desselben Schweinembryos verfertigte. Auf Taf. V, Fig. 35 ist ein solcher Querschnitt dargestellt, und zwar *A* bei 360maliger und *B* bei 525maliger Vergrösserung.

Man sieht die secundären Muskelbündel vom Perimysium umgeben und die einzelnen Durchschnitte der Muskelprimitivbündel von verschiedenem Durchmesser. Die Einen (*c*) sind viel dünner und betragen 0·0029 bis 0·0058 Millim., die Anderen (*b*) sind grösser und messen 0·0060 bis 0·0110 Millim. im Durchmesser. Zwischen diesen grösseren und kleineren Durchschnitten ist noch ein anderer Unterschied bemerkbar. Manche werden von der contractilen Substanz ganz ausgefüllt, andere wieder zeigen diese nur längs der Peripherie, wo sie in Form eines Fleischringes eine centrale Lücke begrenzt, in welcher sich noch homogenes Blastem befindet.

Wendet man stärkere Vergrösserungen an, so erscheint die ringförmig längs der Peripherie verlaufende contractile Substanz aus noch kleineren rundlichen, getrennten Contouren zusammengesetzt (*B*, *g*, *g*), die offenbar nichts Anderes sein können als Sarcoplastendurchschnitte, von denen noch manche (*k*, *k*) nur längs der Wandung einen bereits in *Sarcous elements* differenzirten, in der Mitte aber noch immer homogenen Inhalt zeigen.

Diese breiteren embryonalen Muskelfasern befinden sich somit auf jener Bildungsstufe, wo längs der inneren Wand des Sarcolemma die Sarcoplasten sich zwar gebildet, jedoch mit einander zu einer continuirlichen Muskelsubstanz noch immer nicht verschmolzen sind, während längs der Axe derselben sich die Sarcoplasten aus dem Blastem noch nicht gebildet hatten.

Die breiteren Muskelfasern scheinen somit hier eben so wie die Muskelfasern der Batrachier aus mehreren seitlich und mit ihren Spitzen verschmolzenen Sarcoplastenreihen hervorzugehen, während die 2 — 3mal dünneren, deren Durchmesser der Breite eines reifen Sarcoplasten ziemlich gleichkommt, wahrscheinlich aus nur einer Reihe von Sarcoplasten gebildet werden.

Dafür sprechen auch meine an den Hals- und Hautmuskeln eines 5—6 monatlichen Pferdembryos gemachten Beobachtungen. Nicht selten begegnete ich hier ausser den zerstreut im Blastem liegenden Sarcoplasten auch solchen Muskelfasern, die aus einer Reihe von theils schon verschmolzenen, theils aber noch getrennten Sarcoplasten zusammengesetzt waren. Die Sarcoplasten berühren sich jedoch nicht nach dem bekannten Schwann'schen Typus, sondern stets nach Art der musculösen Faserzellen, so dass die Spitzen je zweier benachbarter Sarcoplasten sich schief und gleichsam dachziegelförmig über einander legen und so mit einander verschmelzen.

D. Bildung der Muskelfasern bei Menschenembryonen.

An zwei Weingeistexemplaren, von denen das eine 6 Centimeter, das andere 8 Centimeter lang war, bot sich mir die Gelegenheit dar den gleichen Bildungsmodus der quergestreiften animalen Muskelfasern auch an Menschenembryonen zu constatiren. Taf. II, Fig. 15 zeigt

die Abbildung mehrerer in der Entwickelung begriffenen Muskelelemente vom *M. pectoralis* eines 6 Centimeter langen Menschenembryos. Man sieht in einem homogenen Blastem zarte, membranöse bandartige Schläuche (*d*, *d*) mit matt contourirten Kernen (*f*, *f*) und feinen Fasern, die auf der inneren Fläche derselben verlaufen. Diese Schläuche stimmen übrigens mit den bei Batrachiern beobachteten und von mir oben bereits beschriebenen Sarcolemmaschläuchen vollkommen überein, deren Entwicklung somit aus homogenem kernhaltigen Blastem oder aus sogenannter Bindesubstanz keinem Zweifel zu unterliegen scheint. Innerhalb dieser Schläuche findet man im Blastem eingelagerte Sarcoplasten auf verschiedener Entwicklungsstufe. Einige derselben sind noch zellenartig mit homogenem oder bereits längs der Zellenwand differenzirten, stark lichtbrechenden, quergestreiften Inhalt; diese sind meist rundlich oder oval (*a*, *a*, *a*, *a*). Andere mehr entwickelte, sind Cylindern oder Spindeln ähnlich und ganz quergestreift (*b*, *b*). Die Querstreifung wird auch hier durch kleine in der homogenen Substanz des Sarcoplasten regelmässig neben einander gelagerte, stark lichtbrechende Fleischkörnchen — *Sarcous elements* — erzeugt, wie sich Jedermann bei 525maliger Vergrösserung leicht überzeugen kann. An manchen Stellen liegen die Sarcoplasten mehr vereinzelt, an anderen hingegen dicht beisammen und mitunter in Verschmelzung begriffen. Neben solchen mit jungen Sarcoplasten versehenen Sarcolemmaschläuchen finden sich häufig auch mehr entwickelte Muskelfasern, welche aus einem Bündel von verlängerten und zum Theil mit einander schon verschmolzenen Sarcoplasten bestehen (*c*).

Was die Grösse der Sarcoplasten bei menschlichen Embryonen anbelangt, so habe ich dieselben im Ganzen viel schmäler, wiewohl manchmal von bedeutender Länge gefunden. Ihre Länge beträgt nämlich 0·0111 bis 0·0222 Millim., und die Breite 0·0035 bis 0·0058 Millim. — Das lichte Kernbläschen, das auch hier an den meisten wahrzunehmen ist, hat eine mehr constante Grösse von 0·0025 bis 0·0032 Millim. Auch in Betreff ihrer chemischen Eigenschaften stimmen sie mit den übrigen Sarcoplasten überein.

E. Bildung der Muskelfasern bei Fischen.

Von Fischen habe ich mehrere Junge von *Scyllium catulus*, dann eine junge *Torpedo marmorata* und eine Anzahl von 20—25 Millim. langen Exemplaren von *Perca fluviatilis* untersucht. Letztere wurden lebend eingefangen und lieferten, in Alkohol ertränkt, sehr treffliche Untersuchungsobjecte. Bei Allen habe ich die bereits geschilderte Entwickelungsweise der quergestreiften Muskelfasern gefunden, nur dass die Sarcolemmaschläuche und Fasern im Verlaufe der Sarcoplasten nicht so deutlich und häufig wie bei Fröschen und anderen Wirbelthieren nachgewiesen werden konnten. Doch begegnete ich auch hier, wiewohl seltener, leeren und halberfüllten, zwischen den übrigen Muskelfasern liegenden Sarcolemmaschläuchen. Taf. II, Fig. 17 zeigt die Abbildung einiger embryonaler Muskelfasern, welche den Rückenmuskeln einer jungen 25 Millim. langen *Perca fluviatilis* entnommen sind. Man sieht erstens mit Kernen und Fasern versehene Sarcolemmaschläuche (*a*, *a*), und innerhalb des einen derselben zwei dicht neben einander liegende Sarcoplasten (*e*), die vermöge ihrer Lage wahrscheinlich aus einer Mutterzelle entstanden sein mochten. Ausserdem bemerkt man neben fertigen Muskelfasern, die (wie *d*) aus einer gleichförmig quergestreiften Substanz bestehen, auch solche, die längs der Axe einen Strang von dicht neben einander gelagerten Sarcoplasten enthalten und deren peripherische Wand von continuirlicher contractiler Substanz gebildet wird (*b*). Bei vielen von diesen Muskelfasern erstreckt sich der mit Sarcoplasten ausgefüllte

Hohlraum nicht durch die ganze Länge derselben, so dass diese dadurch an solchen Stellen wie bauchig ercheinen; einige waren ihrer ganzen Länge nach mit dicht an einander gelagerten Sarcoplasten gefüllt, wo dann häufig die Muskelfaser gegen das eine Ende hin in eine continuirliche quergestreifte Masse spitzig auslief. Die Sarcoplasten (*c*) sah ich in den verschiedensten Entwickelungszuständen, theils als kleine rundliche, kernhaltige Zellen mit homogenem, aber bereits stark lichtbrechendem Inhalt, 0·0055 bis 0·0083 Millim. im Durchmesser, theils als mehr längliche, cylindrische oder spindelförmige Körperchen mit theilweise oder auch vollkommen differenzirtem Inhalt. An diesen konnten bereits die Querstreifen bei 525maliger Vergrösserung ganz deutlich und zwar entweder längs der Zellenwand allein, oder durch die ganze Dicke derselben wahrgenommen werden. Die quergestreiften länglichen Sarcoplasten hatten eine Länge von 0·0136 Millim. und darüber, und eine Breite von 0·0055 bis 0·0083 Millim. Die Grösse der Kernbläschen betrug 0·0025 bis 0·0032 Millim.

Bei zufällig durch die Präparation entzweigerissenen Muskelfasern konnte ich die herausgefallenen Sarcoplasten in jeder Beziehung genau studiren. In solchen Fällen überzeugte ich mich, dass viele zu drei bis fünf und mehreren gruppenweise noch beisammen liegen, wie dies bereits bei Fröschen geschildert wurde (vgl. Taf. I, Fig. 4. 5). Es sind dies, wie es scheint, freigewordene Gruppen von Tochterzellen, und deuten wahrscheinlich auf eine Vermehrung derselben durch Endogenese hin.

Ich glaube noch hinzufügen zu müssen, dass ähnliche Sarcoplasten auch zwischen den schon fertigen und im Wachsthume begriffenen Muskelfasern zu sehen waren, und dass sich dieselben gegen Reagentien mit den Sarcoplasten der Frösche, und überhaupt mit der Muskelsubstanz ganz analog verhielten.

F. Bildung der quergestreiften Muskelfasern bei Articulaten.

Nachdem ich mich von der Existenz eigenthümlicher embryonaler Muskelelemente — der sogenannten Sarcoplasten — und von ihrer hohen Bedeutung in Bezug auf Genese der quergestreiften Muskelfaser bei Batrachiern, Fischen, Vögeln, Säugern und Menschen überzeugt hatte, konnte ich mit vieler Wahrscheinlichkeit annehmen, dass auch bei wirbellosen Thieren, namentlich bei Articulaten für die quergestreifte Muskelfaser derselbe Bildungsmodus herrschen müsse. Und in der That, ich war so glücklich als weiteren Beleg für die Allgemeinheit der von mir geschilderten Bildungsweise auch hier dieselben Ergebnisse zu gewinnen.

Insbesondere hatte ich Gelegenheit die Bildung von Muskelfasern an Puppen von *Saturnia piri*, Jungen von *Blatta orientalis* und *Astacus fluviatilis* genauer zu beobachten.

Ich gebe in Fig. 18 (Taf. II) die Abbildung der Muskelelemente, welche ich im Thorax der Puppe von *Saturnia piri* fand. *A* zeigt die erste Anlage der Muskelfaser, wie man sie längs der Tracheen dieser Thiere, die auch zum Theile noch in der Entwickelung begriffen waren, sehen kann. In einer homogenen Bindesubstanz, die an der Oberfläche zu einem elastischen Häutchen bereits consolidirt schien (*a*), sieht man eingelagerte, theils vereinzelt, theils in grösseren Gruppen beisammen liegende Sarcoplasten (*b*, *b*, *b*). Manche von diesen sind rundlich, oval, mit homogenem oder zum Theil schon differenzirten contractilen Inhalt, andere mehr in die Länge gezogen, spindelförmig, an einem oder an beiden Enden zugespitzt. Die letzteren zeigen Querstreifen, wiewohl nicht so deutlich wie bei den übrigen

Thieren, was darin seine Erklärung findet, dass die im homogenen Zelleninhalte abgelagerten stark lichtbrechenden Fleischkörnchen oder *Sarcous elements* nicht so zahlreich und daher in grösseren Abständen von einander sich befinden. Ein kleines lichtes Kernbläschen ist bei Allen sichtbar.

Bei *B* sieht man die weiter fortgeschrittene Bildung der Muskelfaser. Auf einer Seite bemerkt man noch in der Entwickelung begriffene Sarcoplasten innerhalb des Sarcolemma, auf der anderen mehrere ausgewachsene und mit einander verschmelzende Sarcoplasten (*c*, *d*).

Oft begegnete ich bei der Untersuchung dieser Elemente zweien oder mehreren solchen spindelförmigen oder cylindrischen Körperchen, die seitlich mit einander zusammenhingen, während an einem Ende die Spitzen derselben gabelförmig aus einander gingen.

Die rundlichen Sarcoplasten waren 0·0088 bis 0·0117 Millim. gross, ihr Kernbläschen 0·0040 bis 0·0048 Millim. Die spindelförmigen, mehr ausgebildeten quergestreiften Sarcoplasten variirten in ihrer Länge von 0·027 bis 0·050 Millim. und in der Breite von 0·0029 bis 0·0088 Millim. Das Verhalten derselben gegen Reagentien war ein ähnliches, wie das der Muskelsubstanz überhaupt.

Zu ähnlichen Resultaten haben mich auch die Untersuchungen an Jungen von *Blatta orientalis* geführt.

Was die Untersuchungen an jungen Flusskrebsen (*Astacus fluviatilis*) anlangt, so muss ich bemerken, dass ich bei diesen im Stande war die Genese der Muskelfaser von der ersten Anlage der contractilen Substanz bis zur fertigen quergestreiften Muskelfaser Schritt für Schritt zu verfolgen, so dass ich nicht umhin kann die genannten Thiere als zu diesem Zwecke sehr geeignet Jedermann zu empfehlen.

Die Muskelfasern des Flusskrebses sind bekanntlich alle quergestreift, so dass zwischen den Muskelfasern der Extremitäten, des Schwanzes und des Darmcanals nur in Bezug auf die Dicke derselben, auf die Grösse und Gestalt der *Sarcous elements* und ihrer Abstände von einander, so wie auf das mehr oder weniger entwickelte Sarcolemma ein Unterschied besteht, der aber nicht wesentlich zu sein scheint, wie wir weiter unten sehen werden.

Ich habe zu diesen Untersuchungen eine grosse Anzahl junger Krebse benützt, deren Länge zwischen 38 und 60 Millim. variirte. Präparirt man ein Stückchen vom Schwanzstrecker, oder von den Scherenmuskeln, oder auch von dem 2 Millim. dicken Muskel, der vom Schwanze aus im Innern des Thoraxraumes verläuft, und untersucht es in Weingeist oder diluirter Auflösung von doppelt chromsaurem Kali mit dem Mikroskope bei einer 360maligen Vergrösserung, so begegnet man neben den schon entwickelten Muskelfasern häufig solchen Muskelelementen, die mit unseren mehrfach erwähnten Sarcoplasten vollkommen übereinstimmen. Man findet sie oft in den verschiedensten Entwickelungsstadien. Die Formen, die zur Erklärung dieser Stadien dienen mögen, reduciren sich auf folgende:

1. Als die jüngsten Formen können Zellen betrachtet werden von rundlich ovaler Gestalt, mit einem oder zwei Kernbläschen und homogenem gelblichen oder zum Theil schon differenzirten quergestreiften Inhalt (Taf. III, Fig. 23). Diese liegen theils einzeln, theils in kleineren und grösseren Haufen beisammen. Die grösseren dieser Zellen enthalten oft, Mutterzellen ähnlich, eine Gruppe von kleineren Zellen in ihrem Innern. Man sieht die Querstreifung anfangs nur längs der inneren Zellenwand erzeugt durch eine stark lichtbrechende Substanz, welche sich allmählich aus dem homogenen Inhalte der Zelle auf die innere Fläche der Zellenmembran abzulagern scheint. Diese quergestreifte stark lichtbrechende Schicht

an der Peripherie ist an den grösseren Zellen bei 360 bis 525maliger Vergrösserung sichtbar.

2. Vollkommen ausgebildete, durch ihre ganze Dicke deutlich quergestreifte, gelbliche, stark lichtbrechende Sarcoplasten. Diese sind von länglicher, meist spindelförmiger Gestalt und bergen in ihrem Innern häufig ein lichtes rundes Bläschen. Man findet diese selten isolirt, sondern meist zu zweien, dreien und mehreren mit einander zusammenhängend und zum Theil verschmolzen (Taf. III, Fig. 24, *A*, *B*).

3. Aus mehreren neben und hinter einander gelagerten ausgewachsenen Sarcoplasten zusammengesetzte Massen von contractiler Substanz (Fig. 25). Solche findet man häufig innerhalb des Sarcolemma bei in der Entwickelung begriffenen Muskelfasern des Schwanzstreckers. An einem Ende haben sie oft das Aussehen einer continuirlichen Muskelfaser, gegen das andere Ende hin bestehen sie aus zum Theile deutlich contourirten, zum Theil mit einander verschmolzenen Sarcoplasten (*b*), so dass die Begrenzungslinien der mit einander verschmelzenden Sarcoplasten als dunkle, sich nicht correspondirende Längslinien erscheinen (*c*, *c*). An der äussersten Spitze derselben sieht man noch ganz getrennte deutlich contourirte junge Sarcoplasten (*a*).

Was die Grösse der Sarcoplasten anbelangt, so schwanken die Dimensionen derselben bedeutend. Die jüngsten Bildungszellen haben eine Länge von 0·0130 bis 0·0166 Millim. und eine Breite von 0·0083 bis 0·0111 Millim. Die mehr ausgebildeten Sarcoplasten waren schon 0·0222 bis 0·0550 Millim. lang und in der Mitte 0·0111 bis 0·0222 Millim. breit, wiewohl es auch grössere gab, deren Länge bis 0·0620 Millim. und darüber betrug, doch schienen diese in den meisten Fällen aus zwei oder mehreren einfachen Sarcoplasten zusammengesetzt, wofür die Gegenwart von dunklen Längslinien an der Oberfläche, die ich nur für Grenzlinien zwischen den einzelnen Theilen halten kann, sprechen dürfte. Das Kernbläschen hat eine mehr constante Grösse von 0·0025 bis 0·0055 Millim., ist aber bei grösseren Sarcoplasten ohne Reagentien nicht immer sichtbar.

Mit starken Vergrösserungen konnte man an den Sarcoplasten meist 16—17 stark lichtbrechende Querzonen zählen, deren mittlere Abstände von einander ohngefähr 0·0030 Millim. betragen mochten.

Auf welche Art nun durch gegenseitige Verschmelzung von Sarcoplasten eine continuirliche quergestreifte Muskelfaser zu Stande kommt, ist aus Fig. 26 und 27 ersichtlich, wenn man diese mit den früheren Entwicklungsstadien vergleicht. — Fig. 26 stellt die contractile Substanz aus zwei grösseren spindelförmigen Stücken zusammengesetzt dar, die an einer Stelle eine Anastomose zeigen, indem sie durch eine Verbindungsbrücke ineinanderfliessen. Die längs der Oberfläche eines jeden Stückes sichtbaren dunklen Linien scheinen jene Stellen noch anzudeuten, wo die einfachen Sarcoplasten bereits zu einer continuirlichen Masse verschmolzen sind. Gegen das Ende derselben hin stehen die Spitzen einzelner Sarcoplasten fingerförmig noch aus einander.

In Fig. 27 sieht man zwei grössere Stücke bereits ihrer ganzen Länge nach mit einander verschmolzen, so dass nur die Grenzen zwischen denselben als dunkle Längslinien noch sichtbar sind.

Das Verhalten der Sarcoplasten zu Reagentien, so wie ihre nähere Beziehung zum Sarcolemma anlangend, habe ich hier dieselben Ergebnisse gefunden, wie sie bereits bei den verschiedenen Wirbelthierclassen näher geschildert wurden. Das Sarcolemma stellt nämlich

anfangs ein homogenes Blastem dar, worin die Sarcoplasten eingebettet sind, bald aber erscheint dieses in Gestalt eines membranösen Schlauches, längs dessen innerer Wand die Sarcoplasten in grösseren oder kleineren Abständen theils isolirt, theils in Gruppen verlaufen. Das Sarcolemma scheint in dieser Periode nicht ganz structurlos, indem ausser kleinen Körnchen und Kernen auch deutliche Fasern oder Fäden auf der inneren Fläche desselben wahrgenommen werden. Diese verlaufen theils gestreckt, theils wellig oder sanft spiralig, hie und da entstehen auch Netze durch Theilungen uud Anastomosen (Fig. 26 *c*; Fig. 27 *b*). Nicht selten lässt sich ein solcher Faden von einem Sarcoplasten zum andern verfolgen, mit denen er in directe Verbindung zu treten scheint (Fig. 27 *c*).

Demselben Entwicklungsmodus folgen auch die Muskelfasern des Darmcanals. Es gelingt hier nicht schwer sämmtliche Entwicklungsstufen mit grösster Klarheit zur Anschauung zu bringen.

1. Zunächst findet man rundliche oder ovale Zellen in einem homogenen feinkörnigen Blastem eingelagert, die im Durchschnitt 0·0136 Millim. gross sind und nebst einem Kern von 0·0055 Millim. und Nucleolus, einen homogenen sehr feinkörnigen Inhalt einschliessen, der durch doppelt chromsaures Kali schwach gelblich gefärbt wird (Taf. III, Fig. 19 *b*, *b*, *b*; Fig. 21 *a*, *b*). Manche von diesen Zellen, besonders die grösseren haben zwei Kerne, die wahrscheinlich durch Theilung entstanden sein mochten. Die Zellen liegen theils einzeln, theils in Reihen neben einander gruppirt.

2. Neben den Vorigen in demselben Blastem sieht man auch andere in der Umwandlung zu Sarcoplasten begriffene längliche, an einem oder an beiden Enden verschmälerte Zellen, von 0·0160 bis 0·0222 Millim. Länge und 0·0136 Millim. Breite (Fig. 19 *c*; Fig. 20 *b*; Fig. 21 *c*), mit einem oder zwei lichten Kernbläschen. Sie unterscheiden sich von den Vorigen zumeist dadurch, dass auf der inneren Fläche der Zellenwand bereits eine stark lichtbrechende gelbliche Schicht von contractiler Substanz abgelagert ist, in der man die Querstreifung schon angedeutet, oder stellenweis ganz deutlich bemerken kann. Bei starken Vergrösserungen (525mal) überzeugt man sich von der Existenz der Fleischkörnchen, welche bereits aus dem homogenen Inhalte differenzirt und regelmässig neben einander längs der Zellenwand gelagert die Querstreifung erzeugen.

3. Spindelförmige, oft in parallelen Reihen neben den unter 1. und 2. geschilderten Zellen gruppirte Körperchen von 0·0277 bis 0·0380 Millim. Länge und 0·0160 Millim. Breite mit deutlichen Querstreifen und starker Lichtbrechungskraft. Bei vielen von diesen Körperchen, die nichts Anderes sind als vollkommen ausgebildete Sarcoplasten, nimmt man die reihenweise in homogener Grundsubstanz gelagerten Fleischkörnchen oder *Sarcous elements* ganz deutlich wahr, was um so leichter geschieht, da dieselben durch doppelt chromsaures Kali stark gefärbt erscheinen, während die Grundsubstanz farblos bleibt. Die Sarcoplasten sind übrigens theils einfach (Fig. 19 *d*, *f*; Fig. 21 *d*), theils an einem Ende mit 2—3 und mehr Fortsätzen oder Ausläufern versehen (Fig. 19 *h*; Fig. 21 *e*, *f*).

Alle diese verschiedenen embryonalen Muskelelemente lassen sich leicht und ohne besonderen Zwang in eine ganze Entwicklungsreihe an einander reihen. Eine solche Entwicklungsreihe stellt die Fig. 21 dar, und zwar aus der Darmwand eines 50 Millim. langen Flusskrebses. Man sieht hier nicht nur die verschiedenen Entwicklungsstufen der Sarcoplasten (*a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f*), sondern auch ihre weitere Verschmelzung unter einander, indem sie sich nicht nur mit ihren seitlichen Rändern, sondern auch mit ihren Spitzen gleichsam dachziegelförmig

aneinander lagern (*g*). — In Fig. 22 sind ähnliche wiewohl mehr ausgewachsene Sarcoplasten aus der Darmwand eines älteren, 60 Millim. langen Flusskrebses abgebildet, wo dieselben durch Bindesubstanz, in welcher feine Fasern verlaufen und die die Stelle des Sarcolemma zu vertreten scheint, mit einander verbunden werden.

Durch das weitere Auswachsen der zackenförmigen Ausläufer der Sarcoplasten und ihre Verschmelzung unter einander scheinen die baumförmig ramificirten, oder netzförmig anastomosirenden Muskelfasern hervorzugehen. — Fig. 28, Taf. IV gibt die Abbildung einer ramificirten quergestreiften Muskelfaser aus dem Dünndarm eines 60 Millim. langen Flusskrebses.

G. Bildung der Herzmuskelfasern und der glatten Muskeln der Wirbelthiere.

Die Bildung der Herzmuskelfasern unterscheidet sich nicht wesentlich von dem allgemeinen Bildungsmodus der Muskelelemente.

Ich habe die hieher bezüglichen Untersuchungen zumeist an Hühnerembryonen und Froschlarven angestellt.

Bei Hühnerembryonen fand ich am zweiten bis dritten Tage der Bebrütung das Herz bestehend aus Zellen von verschiedener Grösse und Bedeutung. Viele von diesen fielen mir durch ihre grössere Lichtbrechungskraft besonders auf; sie waren von rundlicher, ovaler oder spindelförmiger Gestalt, mit einem oder zwei in Theilung begriffenen ovalen Kernbläschen und einem anfangs homogenen Inhalt, in welchem später längs der Zellenwand kleine stark lichtbrechende Körnchen erscheinen[1]). Bei älteren Hühnerembryonen (5 bis 6 Tage alten) findet man häufig ähnliche Zellen mit vollkommen differenzirtem Inhalt, von denen viele bereits mit Fortsätzen versehen sind, und mit einander zu verschmelzen anfangen. Aus der Verschmelzung dieser mit Fortsätzen versehenen Spindelzellen, die nichts anderes sind als Sarcoplasten, gehen endlich die netzförmig anastomosirenden Muskelfasern hervor, wie sie im Herzfleische so zahlreich vorkommen. Die Bildungszellen der Sarcoplasten liegen anfangs in demselben körnigen Blastem oder Protoplasma eingebettet, in welchem neben mattcontourirten Kernen auch die Anlagen von Blutzellen und Nerven sich befinden. Aus dem Blastem mit Kernen entwickeln sich die verschiedenen Gewebe der Bindesubstanz, wohin auch das Perimysium und Sarcolemma gehört. Letzteres entwickelt sich jedoch hier nie in so hohem Grade wie bei animalen Muskelfasern, nämlich zu einem selbstständigen membranösen Schlauche.

Zu denselben Resultaten führten mich auch die Untersuchungen, die ich an jungen Froschlarven angestellt hatte.

Im Nachstehenden will ich noch die Genese der glatten Muskeln zum Gegenstand einer näheren Erörterung wählen. Den Untersuchungen Kölliker's[2]), Leydig's[3]) und Remak's[4]) zufolge nimmt man fast allgemein an, dass dieselben aus Zellen entstehen, die ursprünglich rundlich oder oval, später spindelförmig sind und deren Inhalt sich allmählich

---

[1]) Die Bildung der *Sarcous elements* innerhalb der spindelförmigen Zellen des Herzens bei Embryonen hat übrigens, wie ich von Prof. E. Brücke vernommen habe, schon vor vier Jahren im Wiener physiologischen Institute Dr. Purcell O'Leary (jetzt Professor in Cork) an verschiedenen Thieren beobachtet, bis jetzt aber, so viel mir bekannt ist, die Resultate seiner Beobachtungen nicht veröffentlicht.

[2]) Mikroskopische Anatomie, II. Bd., 2. Hälfte, S. 203.

[3]) Lehrbuch der Histologie des Menschen etc. 1857, S. 46.

[4]) Müller's Archiv 1850, S. 86.

in contractile Substanz umwandelt mit zurückgebliebenem linearen Kern. Die auf solche Weise ausgewachsenen Muskelzellen legen sich an einander und vereinigen sich mittelst Bindesubstanz zu glatten Streifen der Muskelfasern, deren Elemente — musculöse Faserzellen — später nur durch Reagentien [NO_5 und HCl von 20%. Reichert[1]), Paulsen[2])] isolirt nachgewiesen werden können.

Mit diesem Entwicklungsmodus der glatten Muskelfasern stimmen jedoch die von Kilian[3]) und Mazonn[4]) gemachten Beobachtungen nicht sehr überein. Ersterer hat sich besonders mit der Untersuchung der Genese dieser Elemente im schwangern Uterus beschäftigt und glaubt dass dieselben bereits membranlos entstehen, indem in einem Plasma stäbchenförmige Kerne in gewissen Abständen sich entwickeln, das Plasma dann in rhombische Stücke blos als Emballage um die Kerne zerfalle und sich so zu sogenannten Faserzellen consolidire. Mazonn hält sogar die Faserzellen für Kunstproducte und die stäbchenförmigen Kerne derselben für eine Täuschung, welche durch stellenweises Auseinanderweichen zweier Fasern und dadurch entstandene längliche Lücken veranlasst werden soll.

Funke[5]) nimmt runde oder längliche Zellen an mit deutlichen Wandungen, aus welchen die Elemente der Muskelhaut entstehen sollen.

Bei so abweichenden Ansichten über die Entwickelung dieser Elemente glaube ich durch folgende Beobachtungen, die ich am Darme und der Harnblasenwand junger Schweinsembryonen machte, Einiges zur Schlichtung dieses streitigen Gegenstandes beitragen zu können.

Untersucht man an 8—10 Centimeter langen Schweinsembryonen die Faserschicht des Darmrohres oder der Harnblasenwand, nachdem die Thiere in Alkohol ersäuft und die zu untersuchenden Theile einige Tage lang in diluirtem doppelt chromsaurem Kali oder Holzessig macerirt wurden, so bemerkt man eingelagert in einem faserigen Blastem Körperchen von verschiedener Grösse und Gestalt, die ein eigenthümliches Aussehen darbieten. Es sind dies rundliche, ovale, längliche, an einem oder an beiden Enden zugespitzte, spindelförmige, mitunter rhombische Körperchen. Die kleinsten, mehr rundlichen haben gewöhnlich einen Durchmesser von 0·0055 Millim., die grösseren sind 0·0063 bis 0·0277 Millim. lang und 0·0035 bis 0·0083 Millim. breit. Die meisten, namentlich die kleineren, enthalten ein deutliches rundliches Bläschen im Innern, das eine ziemlich constante Grösse hat von 0·0025 bis 0·0038 Millim. Aus der Gegenwart dieses Kernbläschens glaube ich mich berechtigt dieselben für Zellen zu halten, wiewohl die Zellmembran nur durch Reagentien nachgewiesen werden kann. Ihr Inhalt scheint homogen, zum Theile körnig, stark lichtbrechend; doch unterscheiden sich dieselben von Fettzellen theils durch ihre geringeren Dimensionen, theils durch die vorherrschende Spindelform, ihre Unlöslichkeit in Schwefeläther, ihren gelben Farbenton, und häufig durch eine stärker lichtbrechende Substanz, welche an der Oberfläche lichtere Flecken und wellige Linien erzeugt. Die Körperchen liegen entweder isolirt oder gruppenweise nebeneinander, zwischen den wellig oder spiralig verlaufenden Fasern der Bindesubstanz (Taf. II, Fig. 16 *b*, *c*, *d*). Die kleineren, rundlichen findet man nicht selten in kleinen Haufen beisammen und haben das Aussehen von freigewordenen Tochterzellen; die grösseren, spindel-

---

[1]) Müller's Archiv 1849.

[2]) Observationes microchemicae, 1849.

[3]) Die Structur des Uterus bei Thieren, in Henle und Pfeufer's Zeitschrift, Bd. VIII, S. 53 ff. und Bd. IX, S. 1 ff.

[4]) Müller's Archiv 1854, S. 25.

[5]) Lehrbuch der Physiologie, 1855, S. 517.

förmigen liegen meist neben und hinter einander in kleinen kurzen Bündelchen, die Zwischenräume zwischen den elastischen Fasern der Bindesubstanz ausfüllend. Isolirt man die Elemente mittelst der Präparirnadeln mehr von einander, so bemerkt man nicht selten einzelne mit Fasern in Verbindung, und es scheint dann als wenn die Faser sich an das eine Ende des spindelförmigen Körperchens inseriren würde.

Bei 525maliger Vergrösserung sieht man längs der Peripherie der Zelle eine stark lichtbrechende Schicht abgelagert, in welcher man bereits sehr kleine glänzende, gelbliche Körnchen unterscheidet. Manchmal ist diese lichtbrechende Schicht auf der einen Seite stärker als auf der anderen. Bei solchen Zellen, wo die lichtbrechende Substanz nur eine oberflächliche, der Zellenwand anliegende Schicht bildet, ist der innere Raum derselben rings um das Kernbläschen lichter und durchsichtiger. Ausserdem begegnet man noch solchen Zellen (häufiger bei reiferen Embryonen), wo der innere Raum durch die stark lichtbrechende differenzirte Substanz fast ganz ausgefüllt wird, bis auf eine schmale spaltähnliche Lücke, die an der Stelle des geschwundenen Kernes zurückbleibt.

Nicht alle spindelförmige Zellen jedoch zeigen diese spaltähnlichen Lücken, die meisten von ihnen lassen einen wirklichen Kern in ihrem Innern erkennen. Dieser ist bei Embryonen und jüngeren Thieren meist bläschenartig und von rundlich-ovaler Gestalt, bei erwachsenen und älteren Thieren aber häufig linear, stäbchenförmig. Durch Essigsäure zerfällt derselbe bisweilen, wahrscheinlich durch eine Art chemischer Zersetzung des Inhaltes, in einen Haufen kleiner runder Körnchen.

Die weiteren Veränderungen dieser spindelförmigen Zellen, mit ihrem eigenthümlich veränderten Inhalte bestehen nun darin, dass, nachdem die Zellmembran allmählich mit dem Inhalte innig verwächst, dieselben neben und hinter einander liegend mittelst Bindesubstanz zu einem Bande sich vereinen, dessen Elemente in der Regel nicht so vollkommen wie bei quergestreiften Muskelfasern zu einem Ganzen verschmelzen.

Aus Allem diesem ist ersichtlich, dass die Genese der glatten Muskelfasern sich im Wesentlichen von der der übrigen Muskelfasern durchaus nicht unterscheide. Die sogenannten contractilen Faserzellen sind ja ihrer genetischen Bedeutung nach nichts anderes als Sarcoplasten, mit dem jedenfalls nicht wesentlichen Unterschiede, dass die *Sarcous elements* kleiner oder nicht in so grosser Anzahl und gewöhnlich nicht so regelmässig neben einander in der homogenen Grundsubstanz gelagert sind, als dies bei Sarcoplasten der animalen Muskelfasern zu sehen ist. Doch findet man auch bei den Sarcoplasten der glatten Muskeln nicht selten Querstreifen, hervorgerufen durch regelmässige Lagerung der *Sarcous elements*, die aber nur durch starke Vergrösserungen (525 bis 936malige) als deutlich contourirte Körnchen nachgewiesen werden können (Taf. IV, Fig. 34). Wo diese nicht sichtbar sind, da scheinen die doppelt lichtbrechenden Molekeln in der einfach lichtbrechenden Grundsubstanz nicht zu Gruppen vereint, sondern gleichförmig in derselben zerstreut, wie dies E. Brücke[1]) mit vielem Scharfsinn ganz richtig geschlossen hat.

---

[1]) Denkschriften der kais. Akademie der Wissenschaften, XV. Bd.

Rückblick auf die voranstehenden Untersuchungen

mit Berücksichtigung der Beobachtungsresultate anderer Autoren.

Es sei mir gestattet auf die voranstehenden Untersuchungen noch einen Rückblick zu werfen mit gehöriger Berücksichtigung der Beobachtungsresultate anderer Autoren.

Zunächst glaube ich der Beobachtungen Lebert's, Remak's und Kölliker's erwähnen zu müssen.

Lebert[1]) beschreibt von verschiedenen Wirbelthierembryonen eigenthümliche cylindrische, parallelrandige, unregelmässige, mit abgerundeten Spitzen versehene Körperchen *(corps myogeniques)*, welche im Innern häufig blasse Kügelchen (*globules*, Kerne) und viele Molecularkörnchen enthalten. Aus diesen sollen, nach seiner Annahme, die Muskelfasern durch einfache Verlängerung derselben hervorgehen. Doch gibt derselbe keine Auskunft über das erste Entstehen dieser Körperchen, noch scheint derselbe in so früher Periode irgend eine Spur von Querstreifen an ihnen beobachtet zu haben. Auch sind die von ihm angegebenen Dimensionen seiner cylindrischen Körperchen bei Batrachiern (0·12 Millim. in der Länge, 0·025 Millim. in der Breite) so abweichend (8—10mal grösser) von der durch mich bei denselben Thieren gefundenen Grösse (0·0117 bis 0·0147 Millim. für die Länge und 0·0058 bis 0·0088 Millim. für die Breite), dass ich vermuthe, Lebert habe nicht die ersten Anlagen der Muskelelemente beobachtet. Auch sollen nach ihm die Querstreifen erst gegen das Ende des Embryonallebens auftreten.

Remak[2]) stimmt in seiner Ansicht über die Entwickelungsweise der Muskelprimitivbündel mit Lebert ziemlich überein. Seinen Untersuchungen zufolge sollen diese nicht durch Verschmelzung, sondern durch Verlängerung von Dotterzellen, in welchen sich die Zahl der Kerne vermehrt, entstehen. Doch gesteht derselbe, dass er durch directe Beobachtung nicht ermitteln konnte, ob die mit zwei bis vier Kernen versehenen Dotterzellen der Verschmelzung von einkernigen Zellen, oder der Verlängerung der letzteren mit Vervielfältigung ihrer Kerne das Dasein verdanken. Auch hat derselbe über das Verhalten des Sarcolemma zur contractilen Substanz keine directen Beobachtungen gemacht.

In neuester Zeit fand sich endlich auch Kölliker bewogen, nachdem er diesen Gegenstand an Krötenlarven, Jungen von *Rana temporaria*, sowie bei einem zweimonatlichen menschlichen Embryo studirt hatte, sich Lebert und namentlich Remak in Allem anzuschliessen. Kölliker[3]) sagt, er habe nichts gefunden, was für eine Verschmelzung embryonaler Fasern oder Zellen sprechen würde, Alles hingegen spreche dafür, dass die ursprünglichen Zellen durch Längen- und Dickenzunahme zu dem werden, was sie später sind, woraus

---

[1]) Recherches sur la formation de muscles dans les animaux vertébrés et sur la structure de la fibre musculaire en general, dans les diverses Classes d'animaux. Annales des sc. nat. Tome XI, Juin 1849, Pl. XII, Fig. 23, 24.

[2]) Über die Entwickelung der Muskelprimitivbündel, in Froriep's Neue Notizen 1845, Nr. 768.

[3]) Zeitschrift für wissensch. Zoologie, IX. Bd., 1. Hft., S. 141 ff.

er schliessen zu müssen glaubt, dass die quergestreiften Muskelfasern den Werth einfacher ungemein gewucherter musculöser Faserzellen haben.

Es hat sich bereits eine Stimme erhoben, die diesen ausgezeichneten Forscher hier vor Übereilung warnen zu müssen glaubte [Berlin[1])].

Wie es aus meinen detaillirten Untersuchungen ersichtlich ist, habe ich diesem Gegenstande meine volle Aufmerksamkeit gewidmet und nicht nur an Froschjungen, sondern an fast allen mit quergestreiften Muskelfasern versehenen Thieren zahlreiche vergleichende Beobachtungen gemacht, deren Ergebnisse der neuesten Ansicht Kölliker's nichts weniger als günstig zu sein scheinen.

Ich war so glücklich die Bildung von Muskelelementen in ihrer frühesten Entwickelungsperiode zu beobachten, und fand als erste Anlage derselben eigenthümliche Zellen, welche durch Theilung der Kerne und Endogenese sich vermehrten, und in denen sehr früh schon eine eigenthümliche Differenzirung des Inhalts einzutreten scheint, so dass dieser allmählich in zwei physikalisch, optisch und chemisch verschiedene Substanzen, die doppelt lichtbrechenden geformten Fleischkörnchen oder *Sarcous elements* und die homogene Grundsubstanz zerfällt. Ich fand diese differenzirte contractile Substanz anfangs an der inneren Zellenwand abgelagert, bis allmählich das Innere der Zelle durch dieselbe ganz ausgefüllt wird. Auf diese Weise sah ich die von mir genannten Sarcoplasten entstehen, quergestreifte cylindrische oder spindelförmige, einfache oder mit Fortsätzen und meist mit einem lichten Bläschen versehene Körperchen, deren Grösse bei verschiedenen Thieren verschieden ist.

Was die Entstehung und weitere Metamorphosen der Sarcoplasten anlangt, so glaube ich durch meine Beobachtungen sowohl ihr allgemeines Vorkommen als ihre wahre Bedeutung bei den meisten Thieren nachgewiesen zu haben. Man hat zwar früher schon bei der Entwickelung von Muskelfasern Zellen, sogenannte Muskelzellen, beobachtet, jedoch ihre Bedeutung, so wie den ganzen Verlauf des Fleischbildungsprocesses nicht richtig erfasst. Aus den Sarcoplasten sah ich nie Fibrillen entstehen, noch Röhren, noch weniger verlängern sich diese je zu einer Muskelfaser, sondern sie gehen in bestimmter Richtung und nach gewissen Gesetzen eine eigenthümliche Metamorphose ein, wodurch sie sich von allen anderen histologischen Elementen unterscheiden.

Die Sarcoplasten sind die Bildungsstätten der Fleischsubstanz, d. i. der *Sarcous elements* oder Fleischkörnchen und ihrer einzelnen doppeltbrechenden Bestandtheile, der von Brücke[2]) genannten Disdiaklasten, und der contractile Inhalt des Sarcolemma geht aus der Verschmelzung solcher Sarcoplasten hervor. Man wird mich daher entschuldigen, wenn ich diese ihrer wichtigen physiologischen Bedeutung wegen „Sarcoplasten“ (Fleischbildner) genannt habe.

Die ersten Anlagen der Sarcoplasten habe ich bereits oben als Zellen beschrieben, die in einem homogenen Blastem neben zahlreichen Kernen eingelagert sich befinden. Diese Kerne und das Blastem scheinen das Product der Embryonalzellen zu sein.

Der Inhalt jener Zellen, aus welchen sich die Sarcoplasten heranbilden, scheint anfangs ganz homogen und durchsichtig, doch unterscheidet er sich bald von dem Inhalte anderer

---

[1]) Über die quergestreifte Muskelfaser, in Archiv für die holländ. Beiträge zur Natur- und Heilkunde von Donders und Berlin. Bd. I, Heft 5, S. 461. Utrecht.

[2]) Denkschriften der k. Akademie der Wissenschaften, XV. Bd.

Zellen, namentlich von den übrigen eiweissartigen Substanzen durch eine grössere lichtbrechende Kraft, von Fett aber dadurch, dass er weniger lichtbrechend als dieser und in Äther unlöslich ist. Ausser diesem der Sarcode ähnlichem Inhalte lässt sich gleich anfangs in jeder Zelle ein bläschenartiger Kern wahrnehmen, der in seinem Innern häufig ein oder zwei glänzende Bläschen *(Nucleoli)* birgt. Die weitere Metamorphose dieser Zellen besteht nun darin, dass sich in dem Inhalte, und zwar zunächst an der einen Wandseite, oder längs der ganzen inneren Zellenwand sehr kleine, selbst mit den stärksten Vergrösserungen nur in Form von Pünktchen, stark lichtbrechende glänzende Körperchen ablagern; diese scheinen anfangs längs der Zellenwand gleichmässig in dem sonst homogenen Inhalte vertheilt, bald aber erscheinen sie regelmässig gruppirt in Gestalt von *Sarcous elements*, durch kleine Zwischenräume von weniger lichtbrechender Substanz von einander getrennt, wodurch an solchen Stellen deutliche Querstreifen sichtbar werden. Diese eigenthümliche Differenzirung des Inhalts schreitet allmählich gegen die Mitte oder die andere Seite der Zelle fort, bis der ganze Inhalt sich in zwei physikalisch, optisch und chemisch verschiedene Substanzen sondert, nämlich in die *Sarcous elements* (Fleischkörnchen oder Fleischprismen) und die homogene Grundsubstanz, in welcher die ersteren durch regelmässige Lagerung die Querstreifung bedingen. Was die weiteren Veränderungen der Kerne der Sarcoplasten anbelangt, so können diese im Laufe der Zeit verschiedene Metamorphosen erleiden. In manchen Fällen scheinen sie allmählich zu schwinden, so dass dann auch an fertigen Muskelfasern im Innern meist keine Spur von Kernen zu finden ist. — Bei den Batrachiern und Fischen hingegen, dann im Herzfleische und im weissen Fleische der Hühnerbrust lassen sich auch an vollkommen gebildeten Muskelfasern im Innern wahre bläschenartige Kerne erkennen. In den glatten Muskeln endlich scheinen die Kerne zwar manchmal zu schwinden, in der Regel jedoch persistiren dieselben, verlieren aber im Laufe der Zeit allmählich ihre Bläschennatur, werden häufig linear, stäbchenförmig und mehr homogen.

Durch Essigsäure quellen die jüngeren Sarcoplasten auf, der Inhalt wird lichter, die Querstreifung anfangs deutlicher und es erscheinen bald in einer homogenen flüssigen zähen Masse kleine rundliche oder prismatische Körperchen *(Sarcous elements)*, die gelblich und nach Einwirkung von doppelt chromsaurem Kali grünlichgelb gefärbt sind. Später bilden sich, wahrscheinlich durch Endosmose, im Inhalte kleine, rundliche, oft mit einander verschmelzende Vacuolen, die Ränder der Sarcoplasten bekommen Einkerbungen und es bleibt endlich eine durch unregelmässige Hohlräume zerklüftete Masse zurück, in der sich jedoch noch immer die optisch verschiedenen Substanzen theilweise erkennen lassen. Bei mehr entwickelten Sarcoplasten behalten die gelblichen stark lichtbrechenden Körnchen auch nach dem Aufquellen durch Wasser oder Essigsäure mehr weniger ihre regelmässige Lagerung; später scheinen sie ihre Gleichgewichtslage zu verlieren, wodurch in der contractilen Masse wellenförmig oder spiralig gekrümmte stark lichtbrechende Linien hervorgerufen werden. Letztere stellen in solchem Falle oft ein unregelmässiges Gewirr von wellig und spiralig verlaufenden Fäden dar, welche Erscheinung wohl darin ihre Erklärung findet, dass die in einer Richtung mehr zusammenhängenden lichtbrechenden *Sarcous elements* durch das Aufquellen und Eindringen von Wasser oder Essigsäure aus ihrer ursprünglichen Gleichgewichtslage gebracht, seitlich verschoben werden.

Aus Allem diesem glaube ich somit schliessen zu dürfen, dass der Inhalt noch junger Sarcoplasten eine der Sarcode ähnliche Substanz sei, deren Eigenschaften uns durch

Dujardin[1]) und Ecker[2]) einigermassen bekannt geworden sind und von der Ersterer (in seinem Werke: Infusoires, Paris 1841, S. 38) sagt: *„qu' elle forme le passage à la chair proprement dite, ou qu' elle est destinée à le devenir elle-même"*.

Es ist daher sehr wahrscheinlich, dass auch bei höheren Thieren eine ähnliche Substanz, welche den niedersten Grad der Fleischsubstanz repräsentirt, als Inhalt eigenthümlicher Zellen vorkommt, die dann allmählich sich in zwei physikalisch, chemisch und optisch differente Theile sondert. Dieser Zelleninhalt bleibt somit bei niederen Thieren während des ganzen Lebens homogen oder nur zum Theile differenzirt, so wie wir ihn bei den jüngsten Sarcoplasten höherer Thiere nur als erste Anlage der quergestreiften Muskelsubstanz gefunden haben, die dann in gewissen Muskeln, denen eine lebhaftere Thätigkeit zugedacht wurde, die höchste Stufe der Differenzirung erreicht, während an anderen Stellen desselben Thieres letztere während des ganzen Lebens unvollständig bleiben kann.

Was die Frage betrifft, ob die Sarcoplasten für wirkliche Zellen zu halten sind, so glaube ich diese dahin beantworten zu müssen, dass an denselben in der frühesten Periode wohl deutlich eine Zellmembran wahrzunehmen sei; im weiteren Verlaufe der Metamorphose wird es jedoch äusserst schwer, sich von der Existenz einer wirklichen Zellenmembran zu überzeugen. Bei reifen, in Verschmelzung bereits begriffenen Sarcoplasten habe ich nur durch Reagentien und Wasser hie und da einen lichteren Saum um den gequollenen Inhalt gesehen, was jedoch zur Constatirung einer wirklichen Zellenmembran kaum genügend ist. Es ist daher sehr wahrscheinlich, dass die Zellenmembran und der contractile Inhalt in Eins sich vereinigen und innig mit einander verwachsen. Möglich, dass die Sarcoplasten dadurch eben die Eigenschaft gewinnen leichter mit einander zu verschmelzen, besonders da, wie ich mich überzeugte, die Substanz der Sarcoplasten im frischen Zustande untersucht eine weiche, gelatinöse Masse bildet.

Die Bildung der quergestreiften Muskelfaser anlangend, geschieht diese durch Verschmelzung von mehreren Sarcoplasten, nicht aber durch einfache Verlängerung einer Zelle. In dieser Hinsicht stehen also meine Beobachtungen mit Lebert's, Remak's und Kölliker's Ansicht im Widerspruch. Auch kann ich nicht unerwähnt lassen, dass die Grösse meiner bei *Rana temporaria* gefundenen Sarcoplasten wenigstens viermal geringer ist, als die von Kölliker angegebene Grösse seiner bei demselben Thiere beobachteten Bildungszellen der Muskelfasern.

Ebenso stimmen meine Beobachtungen nicht überein mit der von Schwann[3]), Valentin[4]) und früher auch von Kölliker[5]) angenommenen Bildungsweise. Die quergestreifte Muskelfasser geht zwar aus der Verschmelzung von Sarcoplasten hervor, aber diese Verschmelzung unterscheidet sich von der durch Schwann angegebenen darin: 1. dass nicht die homogenen Bildungszellen, sondern die bereits metamorphosirten Zellen oder Sarcoplasten mit einander verschmelzen; 2. dass diese Verschmel-

[1]) Annales de sc. nat. 1835, pag. 367; 1838, pag. 247. — Infusoires, Paris 1841, pag. 35 ff.

[2]) Zur Lehre vom Bau und Leben der contractilen Substanz der niedersten Thiere, in Zeitschrift für wissensch. Zoologie, I. Bd., S. 218 ff.

[3]) Mikroskopische Untersuchungen über die Übereinstimmung etc. Berlin 1839, S. 156 ff.

[4]) Historiae evolutionis syst. muscularis prolusio. Wratislaviae 1832. — Entwickelungsgeschichte, S. 166. — Müller's Archiv, 1840, S. 198.

[5]) Annales des sc. nat. 1846, pag. 93. — Mikroskopische Anatomie, Bd. II, 1. Hälfte, S. 252 ff.

zung sowohl in einfachen wie in mehrfachen Reihen geschehen kann, jedoch nie nach dem Schwann'schen Typus, sondern so, dass die Sarcoplasten sich schief mit ihren Spitzen nach Art der musculösen Faserzellen übereinander legen; 3. dass die ursprünglichen Zellenmembranen mit dem differenzirten contractilen Inhalte der Sarcoplasten verschmelzen und somit auch zur Bildung des Sarcolemma nichts beitragen, dieses vielmehr aus dem umgebenden Blastem durch eine Art Verdichtung entsteht; 4. endlich, dass durch die Metamorphose und Verschmelzung der Sarcoplasten nicht Fibrillen entstehen, sondern eine continuirliche quergestreifte Masse — zusammengesetzt aus zwei physikalisch, chemisch und optisch verschiedenen Substanzen, der einfach lichtbrechenden Grundsubstanz und den darin eingebetteten Fleischkörnchen oder *Sarcous elements* — gebildet wird.

Reichert [1]) und Holst [2]) lassen jede Fibrille aus je einer Zelle hervorgehen, welche sich allmählich verlängern soll, und mehrere solche zu Fibrillen verlängerte Zellen sollen ihrer Annahme zufolge ein Muskelprimitivbündel bilden. Aus dem Voranstehenden ist ersichtlich, dass die Sarcoplasten vor ihrer Verschmelzung schon Querstreifung zeigen, und dass aus ihrer Verschmelzung nicht ein Bündel von Fibrillen entsteht, sondern eine continuirliche contractile Substanz. Dieses selbst glaube ich nicht einfach aus Bindesubstanz bestehend, sondern aus einer elastischen mit Kernen und häufig auch mit Fasern versehenen Membran, die in Gestalt eines Schlauches um die Sarcoplasten sich verdichtet.

Auch die Ansicht Leydig's [3]) kann mich nicht völlig befriedigen. Seine sogenannten Primitivcylinder oder ursprünglich umgewandelte Muskelzellen sollen nämlich nur seitlich mit ihren Rändern verschmelzen und so ein Muskelprimitivbündel herstellen. Meinen Beobachtungen zufolge verschmelzen die bereits differenzirten quergestreiften Sarcoplasten nicht allein mit ihren seitlichen Rändern, sondern auch indem sie sich mit ihren Spitzen gegenseitig berühren, nach Art der contractilen Faserzellen.

Was die ramificirten und netzförmig verwachsenen Muskelfasern anlangt, so entstehen erstere durch Auswachsen der Fortsätze von Sarcoplasten, letztere aber durch das Verwachsen mehrerer mit Fortsätzen versehener Sarcoplasten mit einander.

Meine Untersuchungen liefern endlich eine weitere Stütze dafür, dass zwischen den quergestreiften und glatten Muskelfasern in genetischer Hinsicht kein wesentlicher Unterschied besteht. Beide Arten von Muskelfasern entstehen aus Sarcoplasten, die bestimmten Gesetzen folgen. Die einzigen Unterschiede, die aber nicht von Belang sind, dürften folgende sein:

1. Dass bei der Bildung der glatten Muskelfasern die Sarcoplasten nicht so innig mit einander verschmelzen, wie bei den quergestreiften Muskelfasern. Es dürfen jedoch auch in dieser Beziehung zwischen Beiden nicht so scharfe Grenzen gezogen werden; denn ich überzeugte mich von der Thatsache, dass manche

---

[1]) Müller's Archiv 1847. Jahresbericht S. 17.

[2]) De structura musculorum in genere et annulatorum musculis in specie observationes microscopicae c. tab. Dissertatio inauguralis. Dorpat 1846. Auch Canstatt's Jahresbericht f. 1847, Bd. I, S. 56 ff.

[3]) Lehrbuch der Histologie des Menschen und der Thiere, 1857, S. 16 ff.

glatte Muskelfasern aus vollkommener Verschmelzung der Sarcoplasten hervorgehen, so wie es andererseits quergestreifte Muskelfasern gibt, an deren Oberfläche die Grenzlinien zwischen den einzelnen nicht vollständig mit einander verschmolzenen Sarcoplasten als dunkle mit einander nicht correspondirende Längsstreifen wahrgenommen werden.

2. Ein weiterer Unterschied wäre der geringere Grad der Differenzirung des Inhalts bei den Sarcoplasten der glatten Muskelfasern. Doch scheint auch dieser Unterschied nicht allgemein, seitdem bei vielen musculösen Faserzellen durch G. Meissner[1]) die Gegenwart von Querstreifen constatirt wurde, und, wie sich aus meinen Untersuchungen ergibt, diese durch dieselbe Ursache, wie bei animalen Muskelfasern erzeugt werden. Andererseits wurden bereits durch Leydig[2]) und Kölliker[3]) in neuerer Zeit quergestreifte Faserzellen, namentlich bei wirbellosen Thieren beobachtet.

3. Dass gewöhnlich bei glatten Muskelfasern die Bindesubstanz sich nicht zu einem wahren Sarcolemmaschlauch consolidirt.

Schliesslich erlaube ich mir noch einige Beobachtungsresultate anderer Autoren hier folgen zu lassen, welche zur weiteren Stütze unserer Ansicht dienen sollen und darin zugleich ihre Erklärung finden dürften.

1. Reichert[4]) erwähnt eines Epithels, das aus grossen, rundlich-polygonalen, kernhaltigen, einen gelblichkörnigen Inhalt enthaltenden Zellen besteht und ein paar grössere im Thoraxraum der Decapoden verlaufende Muskeln überzieht. Schon Haeckel[5]) hat seinen Zweifel über die rechte Epithelialnatur dieser Zellen geäussert und stellte zugleich die Vermuthung auf, dass es vielleicht contractile Zellen sein dürften. Ich fand diese Zellen als oberflächliche Schicht genannter Muskeln vorzüglich bei jungen im Wachsthum begriffenen Decapoden *(Astacus fluv.)*, wiewohl ich später bei ganz kleinen 38 — 50 Millim. langen Exemplaren ähnliche Zellen häufig auch an anderen Stellen, zwischen den Muskelfasern und innerhalb des Sarcolemma, so wie bei reproducirten Scherenmuskeln erwachsener Individuen angetroffen. Diese Zellen, über deren musculöse Natur kein Zweifel sein kann, sind wohl nichts anderes als die von mir geschilderten Sarcoplasten, deren Gegenwart entweder einen embryonalen Zustand der Muskelfaser oder eine Neubildung von contractiler Substanz andeutet.

2. T. v. Hessling[6]) verdanken wir eine treffliche und sehr genaue Beschreibung der von dem Entdecker sogenannten Purkinje'schen Fäden an der inneren Wand der Herzkammern unter dem Endocardium, namentlich bei Wiederkäuern. Was ihre Bedeutung anbelangt, so hat schon Kölliker[7]) dieselben für musculös gehalten und als solide einfache Zellen geschildert, deren Inhalt in eine quergestreifte Masse umgewandelt ist, die entweder die ganze Zelle erfüllt oder nur an der Membran derselben eine dünne Schicht bildet und an denen er sogar Contractionserscheinungen bemerkt zu haben glaubt. T. v. Hessling

[1]) Über das Verhalten der musculösen Faserzellen im contrahirten Zustande, in Zeitschrift für rationelle Medicin von Henle und Pfeufer. 1858, II. Bd., 3. Hft. S. 316 ff. Taf. V.

[2]) Lehrbuch der Histologie. S. 47.

[3]) Untersuchungen zur vergleichenden Gewebelehre. — Würzburger Berichte. 1857, S. 111.

[4]) Vergleichende Beobachtungen über das Bindegewebe. Dorpat 1845, S. 77.

[5]) Über die Gewebe des Flusskrebses, in Müller's Archiv 1857, S. 542.

[6]) Histologische Mittheilungen, in Zeitschr. für wissensch. Zoologie, V. Bd., S. 189 ff.

[7]) Handbuch der Gewebelehre. 1852. S. 67. — Mikroskop. Anatomie. II. Bd., 2. Hälfte, S. 494.

hält sie für neben einander liegende Stücke getrennter Muskelsubstanz, deren Vorkommen zu constant ist um sie für pathologisch halten zu können.

Ich habe diese höchst interessanten Gebilde neuerdings einer Untersuchung unterworfen, nachdem sie mich an die bei Fröschen und anderen Thieren entdeckten Sarcoplasten unwillkürlich erinnerten, und muss offen gestehen, dass ich der oben erwähnten ausgezeichneten Beschreibung von T. v. Hessling kaum etwas Wesentliches zufügen könnte. Bezüglich ihrer Entstehungsweise und Bedeutung glaube ich jedoch bemerken zu müssen, dass ich dieselben für Sarcoplasten deuten möchte und zwar aus folgenden Gründen: *a)* Dieselben findet man nicht nur unter dem Endocard, sondern wie dies v. Hessling ebenfalls beobachtet hat, auch in der übrigen Substanz der Herzkammern zwischen den fertigen Muskelfasern, so wie nicht selten in den oberflächlichsten Schichten unter dem Pericard; *b)* die Zellen stimmen in allen ihren Eigenschaften mit den bei Embryonen und im Wachsthum begriffenen Thieren von mir gefundenen Sarcoplasten vollkommen überein; *c)* die in Theilung nicht selten begriffenen Kerne derselben scheinen eine Vermehrung zu bedingen; *d)* ihre Lagerung scheint eine ähnliche zu sein, wie die der Sarcoplasten, so dass durch den Verschmelzungsprocess endlich wahre quergestreifte Muskelfasern entstehen können; *e)* zwischen den aus noch getrennten Zellen bestehenden Strängen finden sich endlich nicht selten auch solche, die für eine weitere Entwicklungsstufe angesehen werden dürften, indem sie aus deutlich noch erkennbaren, zum Theil mit einander verschmolzenen Sarcoplasten zusammengesetzt erscheinen, und wie auch v. Hessling angibt, in quergestreifte Muskelfasern mit Andeutung der früheren Zellenlage direct übergehen.

3. Stannius[1]) gibt uns eine Beschreibung von den Muskelelementen des Herzens von *Petromyzon fluviatilis*, welche zum grossen Theil auf die von uns geschilderten Sarcoplasten passt. Diese sollen nämlich aus Cylindern bestehen, welche sich vielfach, theils dichotomisch verästeln, theils durch Absendung sehr feiner Zweige. Oft fand er mehrere Cylinder von einem grösseren plattenförmig verbreiteten Körper ausgehen.

4. So beschreibt auch Schiff[2]) die äussere Schicht der Herzkammer und der Aorta von *Chiton piceus*, bestehend aus grossen 4—7fach über einander geschichteten kernhaltigen Kugeln von 0·003'''—0·008''' Durchmesser. Und weiter unten[3]) gibt er eine genaue Beschreibung von dem eigenthümlichen Verhalten der histologischen Elemente des die Zungenknorpel von aussen einhüllenden Spannmuskels. Er fand nämlich die Bündelchen desselben an ihren Rändern von grossen, etwas platt gedrückten Zellen mit fast centralem Kern besetzt. Eine besondere Zellenhülle konnte er an ihnen nicht erkennen, aber ihre Structur gleicht in jeder Beziehung so sehr dem Inhalte der Muskelfasern, dass derselbe sie anfangs für Muskelmassen hielt, die durch Risse der Röhrenhülle an den Seiten bruchartig ausgetreten waren, drückte er jedoch mit dem Deckgläschen, so lösten sich die Zellen ab und schwammen frei umher. Ganz richtig deutet Schiff diese Zellen als muskelartige Gebilde und parallelisirt dieselben mit jenen Zellen, aus denen die erwähnten Purkinje'schen Fäden bestehen. Er vermuthet auch, dass es vielleicht Ersatzzellen seien, aus welchen sich in Muskeln, denen eine energische Thätigkeit zukommt, später neue Muskelfasern für alte zu Grunde gehende ausbilden.

---

[1]) Über den Bau der Muskeln von *Petromyzon fluviatilis*. Götting. Nachr. Nr. 17 und Canstatt's Jahresb. für 1852. S. 39.

[2]) Beiträge zur Anatomie von *Chiton piceus*. Zeitschr. für wissensch. Zoologie. IX. Bd., S. 19 ff.

[3]) A. a. O. S. 34 ff.

Die Deutung dieser und ähnlicher Zellengebilde dürfte nach der von mir nachgewiesenen Bildungsweise der Muskelsubstanz keine sehr schwierige sein. Mangel an Querstreifen kann nicht massgebend sein, da diese auch bei Sarcoplasten in frühester Periode fehlt.

5. Sehr interessant sind die histologischen Verhältnisse der Muskeln von *Oxyuris ornata*, deren nähere Kenntniss wir besonders G. Walter[1]) verdanken. Derselbe schildert[2]) die Muskeln der noch jungen Thiere als schlauchartige Gebilde an derselben Stelle, an welcher sich später die Körpermuskeln vorfinden. Ihre äussere Membran — das Sarcolemma — direct vom Corium entspringend, zeigt eine deutliche Längsstreifung, was auch, wie es scheint, dafür spricht, dass dieses nicht structurlos sei. Ihr Inhalt scheint aus grossen hellglänzenden, das Licht stark brechenden kernhaltigen Zellen zu bestehen. Walther hält zwar diese zellenartigen Gebilde, weil die Zellmembranen nicht zu demonstiren waren, für Sarcodemassen, oder Sarcodetropfen, doch scheint es mir viel wahrscheinlicher sie ursprünglich als Zellen zu betrachten, deren Membranen allmählich mit dem Inhalte verwachsen, während diese zusammenschmelzend den contractilen Inhalt des Sarcolemmaschlauches bilden. Zu diesem Schlusse zwingt uns einigermassen auch die Gegenwart des Kerns, der, wie Verfasser selbst gesteht, nie fehlen soll, so wie andererseits die Analogie mit den von mir bei den meisten Thieren entdeckten Sarcoplasten, bei denen ich die Entwicklung aus Zellen durch directe Beobachtungen ausser allem Zweifel gesetzt zu haben glaube. Die Abbildung, welche Verfasser auf Taf. V, Fig. 8 gibt, erinnert lebhaft an die von Sarcolemmaschläuchen umhüllten Sarcoplasten der Frösche und Crustaceen, mit alleiniger Ausnahme der Querstreifung. Die contractile Substanz entsteht bei diesem Thiere, wie es scheint, auf dieselbe Weise, wie die der höheren Thiere, aus Sarcoplasten, nur dass ihr Inhalt durch weitere Differenzirung nicht zu höherer Entwicklung gelangt und daher auch keine Querstreifung zeigt. Die Differenzirung des Inhalts scheint jedoch bis zu einem gewissen Grade bei älteren Thieren wirklich einzutreten: denn es bilden sich demselben Beobachter zufolge im contractilen Inhalte älterer Thiere horizontale Querplättchen oder Scheiben, welche dichtgedrängt hinter einander liegen und oft in einander übergehen, wodurch sie eine dem quergestreiften Muskelinhalt höherer Thiere ähnliche Beschaffenheit gewinnen.

6. Rokitansky sagt in seinem „Lehrbuch der pathologischen Anatomie" (3. Aufl., I. Bd., S. 76) „Lebert[3]) und Bardeleben[4]) wollen im Innern der Muskelprimitivbündel Cancroidzellen, letzterer auch Fettzellen beobachtet haben". — Gestützt auf meine Beobachtungen über Entwickelung und Neubildung der Muskelsubstanz, glaube ich mich berechtigt, über die Deutung ähnlicher Zellen im Innern der Muskelsubstanz meinen Zweifel auszusprechen und die Frage zu stellen, ob die angeblichen Cancroid- und Fettzellen nicht etwa Sarcoplasten waren, deren Inhalt — wie gewöhnlich bei jungen Sarcoplasten — noch homogen gewesen, oder deren Querstreifung, wenn auch gegenwärtig, nicht wahrgenommen wurde.

7. Eben so dürften vielleicht jene mit Zellen gefüllte Schläuche zwischen den Muskelfasern der Frösche, die Kölliker[5]) in neuester Zeit beobachtet und abgebildet hat, die er

---

[1]) Beiträge zur Anatomie und Physiologie von *Oxyuris ornata*. Zeitschr. für wissensch. Zoologie. VIII. Bd., S. 163 ff.

[2]) A. a. O. S. 176.

[3]) Physiologie pathologique ou Recherches etc. Paris 1845.

[4]) A. Vidal's Lehrbuch der Chirurgie. Deutsch bearbeitet. Berlin 1852.

[5]) Einige Bemerkungen über die Endigungen der Hautnerven und den Bau der Muskeln. Zeitschr. für wiss. Zool. VIII. Bd., S. 315. Anmerkung. Taf. XIV, Fig. 9.

aber für pathologisch metamorphosirte Muskelfasern zu halten geneigt ist, nichts anderes sein als in der Entwickelung begriffene Muskelfasern, so wie die in Schläuchen des Sarcolemma vorgefundenen Zellen nichts anderes als junge Sarcoplasten, denen sie sehr ähnlich sind (vgl. Taf. I, Fig. 1, 4, 5 dieser Abhandlung). Diese Vermuthung gewinnt überdies einen noch grösseren Grad von Wahrscheinlichkeit durch Kölliker's eigene Aussage, dass er dieselben nicht nur bei einzelnen, sondern bei jedem von ihm untersuchten Frosche in diesen oder jenen Muskeln beobachtet habe, was auch mehr für eine physiologische als für eine pathologische Metamorphose zu sprechen scheint.

Etwas diesem Ähnliches wurde bereits vor Jahren in den Muskeln der Ratten und Mäuse von Miescher[1]), v. Siebold[2]), Bischoff und Kölliker[3]) beobachtet. Es waren dies Schläuche, die bei mikroskopischer Untersuchung — wie Kölliker sagt — als hohle Primitivbündel sich ergaben und ganz mit elliptischen, leichtgebogenen, bohnen- oder nierenförmigen Körperchen von 0·004''' bis 0·005''' Länge und 0·0019''' Breite erfüllt waren. Die in Schläuche umgewandelten Stellen der Bündel hatten Wandungen von 0·009''' bis 0·01''' Dicke mit Querstreifen und gingen an ihren Enden in ganz normale Bündel über. Kölliker hält diese Körperchen innerhalb der Muskelfaser für Entozoeneier; v. Siebold fühlt sich geneigt dieselben den schimmelartigen Entophyten beizuzählen; Miescher endlich lässt es zweifelhaft, ob die genannten Schläuche ein eigenthümlicher Krankheitszustand der Muskelprimitivbündel oder eigenthümliche parasitische Bildungen vegetabilischer oder thierischer Natur seien. Ich erlaube mir jedoch über diese bisher räthselhaften Schläuche meine Meinung vermuthungsweise dahin auszusprechen, dass dieselben in der progressiven Metamorphose befindliche Muskelfasern sein möchten. Denn für's Erste habe ich bei jungen Wanderratten, so wie 42 Millim. langen Rattenembryonen nicht nur an den Bauchmuskeln und am *M. pectoralis*, sondern auch an anderen Stellen zwischen den schon entwickelten Muskelfasern ähnliche cylindrische, leicht gekrümmte, stark lichtbrechende Körperchen, theils in Schläuchen, theils zwischen den elastischen Faserzügen der Bindesubstanz eingelagert gefunden, und von denen die meisten durch ihre deutliche Querstreifung, so wie durch ihre übrigen optischen und chemischen Eigenschaften ihre musculöse Natur verriethen. Ich habe diese bereits oben näher beschrieben und eine Abbildung von denselben geliefert (Taf. II, Fig. 14). Überdies erinnert mich die von v. Siebold mitgetheilte Abbildung Miescher's sehr an die bereits geschilderten mit Sarcoplasten erfüllten Sarcolemmaschläuche der Frösche, Fische und anderer Thiere.

8. Nicht minder lassen sich die von Virchow[4]) beobachteten Formen pathologisch neugebildeter quergestreifter Muskelelemente mit der von mir beschriebenen Entwickelungsweise, ohne der Sache irgend einen Zwang anzuthun, vollkommen in Einklang bringen. Die von ihm abgebildeten Formen, ihre Querstreifung, die lichten glänzenden Kerne, das dachziegelförmige Übereinanderliegen derselben und theilweise Verschmelzen mit einander nach Art der contractilen Faserzellen, treffen mit meinen Resultaten, wie ich glaube, ganz überein.

9. Von diesem, durch die voranstehenden Beobachtungen gewonnenen Gesichtspunkte aus dürften endlich auch die von Rollet im Pferdefleisch gefundenen, von Biesiadecki

---

[1]) Bericht über die Verhandlungen der naturforschenden Gesellschaft in Basel. V. Bd., 1843, S. 198.

[2]) Jahresbericht in Müller's Archiv 1843, S. 63. — Zeitschrift für wissensch. Zoologie. V. Bd., S. 199, Taf. X. Fig. 10, 11.

[3]) Mikroskop. Anatomie. II. Bd., 1. Hälfte. S. 260 ff.

[4]) Archiv für pathol. Anat. und Physiologie von Virchow, 1854, S. 126 ff. Taf. II, Fig. 4, 5.

und Herzig[1]) bekannt gemachten Formen der quergestreiften Muskelfasern leicht erklärt werden. So namentlich die beim Pferde gefundenen Muskelfasern mit dünnen, kurzen, hakenförmig gekrümmten, oder dickern, gerade verlaufenden, spitzendigenden Fortsätzen, von denen die kleinern wie Anhängsel der Muskelfaser erscheinen (a. a. O. Taf. II, Fig. 5 und 12); dann jene Form, wo zwei aus der dichotomischen Theilung hervorgegangene Äste durch eine Brücke anastomosiren (Taf. III, Fig. 7), und wo die Enden der Muskelfaser durch seichte Einschnitte gekerbt, oder in mehrere kegelförmige Spitzen gespalten ist (Taf. I, Fig. 2; Taf. II, Fig. 11). Alle diese Formen dürften darin ihre Erklärung finden, dass die Sarcoplasten in manchen Fällen nicht so innig mit einander verschmelzen, dass daraus eine continuirliche Muskelsubstanz entsteht, sondern dass sie durch seichte Einschnitte oder Einkerbungen auch fernerhin theilweise gesondert bleiben. Auch können längs der fertigen Muskelfaser einzelne neugebildete Sarcoplasten seitlich an dieselbe sich anlegen und theilweise mit ihr verschmolzen zur Entstehung der in Fig. 5 und 12 (a. a. O.) abgebildeten Muskelfasern Gelegenheit geben, oder auch beiderseits mit zwei Ästen einer dichotomisch getheilten Muskelfaser verschmelzen und eine Verbindungsbrücke zwischen denselben zu Stande bringen.

---

[1]) Die verschiedenen Formen der quergestreiften Muskelfasern. Mit 3 Tafeln. Wien 1858. Aus dem XXXIII. Bde. des Jahrganges 1858 der Sitzungsberichte der mathem.-naturw. Classe der kais. Akademie der Wissenschaften besonders abgedruckt.

II. ABSCHNITT.

Über das Wachsthum und die Neubildung der Muskelfasern.

A. Das Wachsthum der Muskelfasern.

Bisher habe ich dem Entwickelungsgange der Muskelfaser gefolgt, wie er sich von der ersten Anlage bis zur Bildung der embryonalen Muskelfaser aus meinen zahlreichen Untersuchungen ergeben hat. Sehen wir nun, welchen weiteren physiologischen Veränderungen dieselben durch die normalen Bedingnisse der Ernährung entgegen gehen.

Thatsache ist es, dass die Muskeln, einmal entwickelt, wie jedes andere Gewebe, an Volum und Masse zunehmen. Diese Zunahme bezieht sich freilich nicht allein auf die Muskelfasern, sondern auch auf die übrigen heterogenen Formbestandtheile des Muskels: Gefässe. Nerven und Perimysium. Da ich mir jedoch die Muskelfasern allein zum Ziele meiner gegenwärtigen Arbeit gesteckt habe, so werde ich die übrigen histologischen Elemente der Muskeln hier nicht weiter berücksichtigen und mich blos mit dem Wachsthum der Muskelfasern beschäftigen.

Zum Ausgangspunkte dieser Forschung soll mir die embryonale, aus ihren ersten Anlagen herangebildete Muskelfaser nebst ihren sehnigen Ausläufern dienen. Sie kann in der Folge durch Wachsthum sowohl nach ihrer Länge, als nach der Breite und Dicke zunehmen.

Was zunächst das Längenwachsthum der Muskelfasern betrifft, so habe ich hierüber an den Repräsentanten der verschiedenen Thierclassen directe Beobachtungen gemacht, welche ich hier vorlegen werde.

Untersucht man im Wachsthum begriffene Muskelfasern an jenen Stellen, wo sie in ihre Sehnenstränge oder Aponeurosen auslaufen, so findet man die Enden derselben entweder merklich zugespitzt, oder mehr stumpf und etwas abgerundet, je nachdem sie Theile eines cylindrischen, kegelförmig zugespitzten oder eines flachen Muskels bilden. Oft sieht man die Enden der Muskelfaser durch seichte oder tiefere Einschnitte in mehrere Zacken getheilt; es sind dies nichts Anderes, als die mit der einen Spitze zwischen die Sehnenfasern hineinragenden Sarcoplasten, während sie mit der anderen bereits unter einander verschmolzen sind. Häufig bemerkt man an solchen Übergangsstellen Körperchen, die eine verschiedene Bedeutung haben. Die einen dieser Körperchen haben das Aussehen von kleinen länglich-ovalen, mattcontourirten Bläschen, welche nach Zugabe von Essigsäure körnig werden, und mit Kernen des embryonalen Bindegewebes und der Sehnensubstanz

identisch zu sein scheinen. Ausser diesen nicht selten in Theilung begriffenen Kernen fallen an diesen Stellen noch andere Körperchen auf mit stark lichtbrechender Oberfläche, scharfen Contouren, gelblicher Farbe, die durch ihre verschiedene Grösse, Lagerung, so wie durch ihre chemischen Eigenschaften und weitern Metamorphosen ihre musculöse Natur verrathen. Es sind dies die von mir geschilderten Sarcoplasten auf verschiedener Entwickelungsstufe, theils von rundlicher Gestalt mit mehr weniger homogenem Inhalt, theils cyli drisch und spindelförmig, mit deutlichen Querstreifen versehen. Bei im Wachsthum begriffenen Froschlarven begegnet man nicht selten solchen Muskelfasern, wo an der Übergangsstelle die Sarcoplasten theils isolirt (Taf. I, Fig. 10 *b*, *b*), theils gruppenweise zwischen den Sehnenfasern beisammen liegen (Taf. IV, Fig. 33 *c*). Auch in grösseren Abständen von einander finden sich häufig Sarcoplasten zwischen den Sehnenfasern, wie aus einer Mutterzelle frei gewordene Gruppen von Tochterzellen, zusammengehäuft (Taf. II, Fig. 11 *a*. *a*, *a*).

Aus den hier aufgezählten Beobachtungen lässt sich nun nichts Anderes schliessen, als dass die Muskelfaser, indem sich an ihren Enden neue Sarcoplasten bilden und allmählich mit einander und mit der übrigen Muskelsubstanz verschmelzen, an Länge zunehmen müsse; während sich jedoch auf solche Weise die contractile Muskelsubstanz an beiden Enden der Muskelfaser vermehrt, scheint auch das Sarcolemma sich durch Vervielfältigung der Kerne und Verdichtung der die Sarcoplasten umgebenden nächsten Schicht von Bindesubstanz zu verlängern.

Es muss somit bei der Längenzunahme einer Muskelfaser die Verlängerung des Sarcolemma von der Vermehrung des contractilen Inhalts genau unterschieden werden. Das Sarcolemma verlängert sich durch die Vervielfältigung seiner Kerne und Verdichtung der Bindesubstanz zu einer elastischen Membran; die contractile Substanz aber vermehrt sich an den Enden der wachsenden Muskelfaser durch die Bildung neuer Sarcoplasten.

Auf eine ganz ähnliche Weise scheint das Wachsthum der Muskelfaser nach der Breite oder Dicke statt zu finden. Es ist mir gelungen an verschiedenen Thieren im Wachsthum begriffene Muskelfasern zu beobachten. Die meisten zeigten zwischen dem Sarcolemma und dem contractilen quergestreiften Inhalt einzelne oder gruppenweise neben einander liegende Sarcoplasten von verschiedener Grösse und auf verschiedener Entwickelungsstufe, theils mit homogenem, theils quergestreiftem Inhalt. Taf. I, Fig. 1 und 9 stellen solche Muskelfasern dar, erstere von einer 25 Millim. langen Froschlarve, letztere von einem 3 Centim. langen Froschjungen. Durch die allmähliche Verschmelzung der Sarcoplasten mit dem übrigen continuirlichen contractilen Inhalt scheint eine Vergrösserung des Muskelfaserdurchschnittes zu erfolgen. Nicht selten begegnet man solchen Muskelfasern, die bei gleich grossen Abständen der Querstreifen stellenweise verdickt erscheinen, was darin seine Erklärung findet, dass die Sarcoplasten an manchen Stellen sich in gröserer Anzahl entwickeln.

B. Die Neubildung von Muskelfasern.

Es gibt viele Erscheinungen, woraus man schon lange vorher auf das Entstehen neuer Muskelsubstanz zu schliessen berechtigt war. Hieher gehört unter vielen anderen die locale Zunahme gewisser Muskeln, — der Extremitäten, des Arms, des Schenkels, der Waden u. s. w. — durch lange und oft wiederholte Übung und Bewegung, die Hypertrophie einzelner Muskeln, die Verdickung der Herzwände und der Muskelhäute in den Eingeweiden, die Vergrösserung

des Uterus während der Schwangerschaft und andere ähnliche theils physiologische, theils pathologische Erscheinungen.

Zur Erklärung solcher Erscheinungen nahm man gewöhnlich an, dass unter gewissen, eine Blutanhäufung in den Capillaren der Muskelsubstanz erzeugenden Bedingnissen (wie Bewegung, Schwangerschaft, Hindernisse in der Fortbewegung des Blutes durch die Darmcontenta, durch Insufficienz der Herzklappen) das in den Zwischenräumen der Gefässe ergossene Plasma, wenn es nicht sehr bedeutend ist, in Muskelgewebe umgewandelt wird, wenn es aber eine abnorme Menge erreicht, wie bei Entzündungen, das Exsudat in solchen Fällen nicht zur Muskelsubstanz, sondern blos zu Bindegewebe wird [Henle[1])].

Eine wichtige Frage ist es jedoch die Art und Weise dieser Zunahme der Muskeln genauer zu bestimmen. Ob dieselbe nämlich durch Volumzunahme der schon vorhandenen oder durch Erzeugung und Bildung neuer Muskelfasern in den Zwischenräumen der schon vorhandenen geschieht. Ersteres nahmen die meisten Physiologen an, indem sie Letzteres entweder blos bei exquisiten Graden pathologischer Zunahme der Muskeln zulassen, oder dessen Möglichkeit gänzlich läugnen.

Man kann sich die wahre Zunahme der Muskelsubstanz eines Muskels überhaupt auf dreierlei mögliche Weise denken: entweder findet hiebei nur eine Vergrösserung sämmtlicher den Muskel zusammensetzender Muskelfasern Statt, mit Ausschliessung jeder Neubildung, oder es bilden sich neue Muskelfasern, wodurch der Querschnitt eines Muskels zunehmen würde, oder endlich es kann Beides zugleich zur Vergrösserung eines Muskels beitragen.

Jede der Meinungen scheint ihre Vertreter, wie ihre Gegner zu haben.

Von denjenigen, die über diesen Gegenstand in neuester Zeit geschrieben haben, will ich hier blos G. Viner Ellis, Deiters und J. Budge hervorheben, deren Ansichten aber leider wesentlich von einander abweichen.

G. Viner Ellis[2]) untersuchte die periodische Zu- und Abnahme der Muskeln des Uterus, und kam dabei zu dem Resultate, dass allerdings während der Schwangerschaft eine Vergrösserung und nachher eine Verkleinerung der einzelnen Muskelfasern, aber keine Neubildung stattfinde. Mir ist diese Arbeit des Verfassers leider nur aus dem kurzen von Virchow in seinem Archive mitgetheilten Auszuge bekannt. Daraus entnehme ich denn, dass zwischen den Fasern des Uterus dennoch eine beträchtliche Quantität von körniger Substanz mit runden oder ovalen Körnchenzellen während der Schwangerschaft abgelagert werde, die jedoch der Verfasser durchaus nicht als Blastem neuer Muskelmasse gelten lassen will. Es frägt sich aber, ob diese zwischen den schon vorhandenen Fasern des Uterus abgelagerten rundlich-ovalen Zellen nicht vielleicht Sarcoplasten sind. So viel mir die Bildung glatter Muskelfasern bekannt ist, stimmen obige vom Verfasser nicht für musculös erklärte Elemente mit den von mir geschilderten Sarcoplasten ziemlich überein, in welchem Falle dann ausser der Grössezunahme der schon vorhandenen, noch die Bildung neuer Muskelelemente anzunehmen wäre.

Deiters[3]) kam zu demselben Resultate wie Viner Ellis, wiewohl auf einem ganz anderen Wege, nämlich durch zahlreiche, an verschiedenen Wirbelthieren unternommene

[1]) Allgemeine Anatomie. Leipzig 1841. S. 604.

[2]) Über die Natur der unwillkürlichen Muskelfasern, in Proc. of the Royal Society 1856. Vol. VIII. Nr. 22, pag. 212 — und im Auszuge in Virchow's Archiv 1857, XI. Bd., Hft. 3, S. 296.

[3]) De incremento musculorum observationes anatomico-physiologicae. Dissertatio inauguralis. Bonnae 1856.

Messungen des Durchmessers der Muskelfasern und des Querschnittes der ganzen Muskeln. so wie durch eine Vergleichung derselben in mehreren gleichnamigen Muskeln von Thieren derselben Species und verschiedenen Alters. Hieraus glaubt er nun schliessen zu dürfen, dass das Volumen der Muskelfasern bei jüngeren Thieren kleiner sei und mit dem Alter zunehme, so wie auch, dass das Wachsthum des Muskelquerschnittes sich in allen beobachteten Fällen aus dem Dickenwachsthum der Muskelfasern hinreichend erklären lasse. Derselbe schliesst sich daher der Ansicht an, dass man zur Erklärung des Dickenwachsthums der Muskeln durchaus nicht berechtigt sei eine Neubildung der Muskelfasern anzunehmen.

Ich fühle mich nicht geneigt Deiters's Beobachtungen irgend wie in Zweifel zu ziehen. Wenn wir von dem Ausgangspunkte seiner Beobachtungen, nämlich der Vergleichung eines Durchmessers mit einer Fläche (Durchmesser der Muskelfasern mit dem Querschnitte des Muskels), die unstatthaft ist, gänzlich absehen, und die aus obigen Messungen gewonnenen negativen Zahlenresultate des Verfassers auch für vollgültig halten wollen, so glaube ich, auf die von Anderen und mir selbst gemachten directen Beobachtungen gestützt, ausser der Dickenzunahme der schon vorhandenen Muskelfasern auch eine Neubildung von Muskelelementen unter gewissen physiologischen wie pathologischen Verhältnissen mit vollem Recht annehmen zu müssen.

Ich erlaube mir hier die Beobachtungen anderer Forscher über die Neubildung von Muskelfasern in Kürze zu erwähnen und dann erst auf die hieher bezüglichen von mir angestellten Untersuchungen zu übergehen.

Rokitansky [1]) hat einen interessanten Fall von regenerirten quergestreiften Muskelfasern beschrieben, und zwar bei einer Hodengeschwulst eines 18jährigen Individuums. Seitdem haben jedoch besonders Weber und Virchow Fälle von regenerirten quergestreiften Muskelfasern beobachtet. Weber's [2]) Beobachtung zufolge war bei einem Falle von Macroglossie in dem excidirten Zungenstücke deutlich eine Metamorphose des zwischen das Zungengewebe ergossenen Exsudates nicht nur zu Bindegewebe, sondern auch zu quergestreiften Muskelfasern in verschiedener Entwickelungsstufe, nachweisbar.

Auch Virchow [3]), Billroth [4]), Senftleben [5]) beschreiben ähnliche Fälle und bilden die regenerirten quergestreiften Elemente ab.

Kölliker [6]) hat ferner im schwangeren Uterus des Menschen, Kilian [7]) in dem der Säugethiere, sowohl eine Vergrösserung der schon vorhandenen musculösen Elemente, als auch eine wahre Neubildung von solchen beobachtet, wodurch es erwiesen ward, dass beide Vorgänge an der Zunahme des Volumens des Uterus gemeinschaftlich sich betheiligen.

Ausser diesen directen Beobachtungen, deren geringe Zahl höchst wahrscheinlich in der Schwierigkeit des zu untersuchenden Gegenstandes, so wie in den bisherigen mangelhaften Erfahrungen über die jüngsten Entwickelungsstadien der quergestreiften Muskelfaser ihre

---

[1]) Zeitschrift der Wiener Ärzte 1849, S. 331.

[2]) Virchow's Archiv, 1854.

[3]) Virchow's Archiv, 1854, S. 126 ff., Taf. II. Fig. 1—5.

[4]) Virchow's Archiv, VIII. Bd., Taf. XII.

[5]) Virchow's Archiv, XV. Bd., Taf. VI, Fig. 4.

[6]) Mikroskopische Anatomie, II. Bd., 2. Hälfte, S. 448 ff. — Zeitschrift für wiss. Zool. I. Bd.

[7]) Die Structur des Uterus bei Thieren, in Zeitschr. für rationelle Med. Bd. VIII. IX. 1849, 1850.

Erklärung findet, glaube ich noch der durch J. Budge[1]) in neuester Zeit bezüglich dieses Gegenstandes gewonnenen Resultate gedenken zu müssen, und dies um so mehr, da dieselben, wiewohl auf indirectem Wege, zur Unterstützung meiner directen Beobachtungen dienen können. Derselbe bediente sich nämlich einer Mischung von chlorsaurem Kali und Salpetersäure, um den Muskel durch Maceration in seine histologischen Bestandtheile behufs einer genauen Zählung derselben zu isoliren. Seine an dem *M. gastrocnemius* von drei jungen und zwei alten Fröschen theils mit dem Mikroskope, theils mit der Loupe gemachten Zählungen der den Muskel zusammensetzenden Fasern, führten zu dem interessanten Resultate, dass bei erwachsenen Fröschen derselbe Muskel eine beträchtlich grössere Anzahl von Fasern enthält als bei jungen, und dass mithin die Ansicht, nach welcher das Wachsthum der Muskeln lediglich auf eine Zunahme des Volumens oder des Querschnittes der schon vorhandenen Muskelfasern, und nicht auf einer Neubildung beruhen soll, eine irrige ist.

Dieser Ausspruch des genannten Forschers würde gewiss an Sicherheit nur gewonnen haben, wenn die Zählungen an einer grösseren Anzahl von Fröschen verschiedenen Alters gemacht worden wären. Immerhin sprechen aber diese Zahlen dafür, dass während des Wachsthumes der Frösche neue Muskelfasern entstehen.

Was nun meine Beobachtungen anlangt, so habe ich an zahlreichen jungen und noch im Wachsthum begriffenen Thieren verschiedener Classen gefunden, dass die Muskeln ihre Zunahme nicht allein der Vergrösserung der schon vorhandenen, sondern auch einer Bildung von neuen Muskelfasern zu verdanken haben.

Namentlich waren es junge Frösche und Kröten, junge Sperlinge, Fische, Säuger und Dekapoden, bei denen ich mich von der Wahrheit dieser Aussage überzeugt hatte. Man findet nämlich bei noch wachsenden Thieren, ausser den oben bereits geschilderten Sarcoplasten unter dem Sarcolemma und an den Enden der schon gebildeten Muskelfasern auch solche, die in den Zwischenräumen der schon fertigen Muskelfasern liegen und zwar theils isolirt, theils gruppenweise beisammen, und in verschiedener Entwicklungsstufe, manche sogar im Begriff zu einer Muskelfaser zu verschmelzen.

Bemerkenswerth ist es noch, dass während ich bei einzelnen Thieren nach stundenlangem vergeblichen Suchen nur hie und da einzelne Sarcoplasten zwischen den übrigen Muskelfasern fand, mich bei anderen Individuen und in gewissen Muskeln die grosse Menge derselben sehr angenehm überraschte. In solchen Fällen gelang es mir nicht selten an einem und demselben Gegenstande sämmtliche Entwicklungsstufen der sich neubildenden Muskelfasern zu beobachten. Es ist daher sehr wahrscheinlich, dass die Neubildung während des Wachsthumes bei einem Individuum lebhafter ist als bei dem anderen, und dass sogar bei einem und demselben Individuum in gewissen Muskeln zu gewissen Zeiten eine sehr lebhafte Neubildung von Muskelelementen stattfinden kann.

Die Frage somit, bezüglich der physiologischen und pathologischen Zunahme der Muskeln, dürfte mit grösster Wahrscheinlichkeit derart zu beantworten sein, dass man dieselbe theils der Volumzunahme der schon vorhandenen Muskelfasern, theils aber — in exquisiteren Fällen, wo das Wachsthum mit einer gewissen Intensität und Raschheit auftritt, — einer wirklichen

[1]) Bemerkungen über Structur und Wachsthum der quergestreiften Muskelfasern, in Archiv für physiologische Heilkunde 1858, II. Bd., I. Hft., S. 72.

Neubildung von Muskelfasern zuschreiben müsse. Ich glaube daher, dass bei jeder periodischen Zunahme des Wachsthums in gewissen Organen, z. B. während der Pubertätszeit, oder bei Fröschen zur Zeit der rascheren Entwicklung der Extremitäten und der Respirationsorgane, dann beim Uterus während der Schwangerschaftsperiode, oder in pathologischen Fällen exquisiteren Grades: Hypertrophie des Herzmuskelfleisches, der Zunge u. s. w. eine wirkliche Neubildung von Muskelelementen mit Sicherheit anzunehmen sei.

Eine andere von Budge neuerer Zeit angeregte Frage ist die, ob eine fortdauernde Neubildung von Muskelelementen stattfinde, während durch die Thätigkeit der Muskeln die alten resorbirt würden.

Eine solche Art von Stoffwechsel ganzer histologischer Elemente für die Muskeln ist *a priori* schon nicht sehr wahrscheinlich und wird auch von den meisten Physiologen nicht anerkannt, wiewohl H. Karsten[1]), gestützt auf verschiedene Beobachtungen, dieselbe, ohne jedoch in den Gegenstand tiefer einzugehen, für wahrscheinlich hält.

Auch Budge[2]) spricht eine ähnliche Vermuthung aus und glaubt sogar, dass die Kerne des Sarcolemma durch Dehiscenz ihres körnigen Inhalts möglicherweise die *Sarcous elements* liefern, in welchem Falle das Sarcolemma, — ähnlich einigermassen der Linsencapsel, die auf ihrer inneren Fläche die Epithelzellen trägt, — als Matrix zu betrachten wäre. Derselbe ist aber nicht in der Lage diese Vermuthung durch directe Beobachtungen irgendwie zu bestätigen.

Meine zahlreichen Beobachtungen geben mir einigermassen die Berechtigung über diesen Gegenstand meine Meinung dahin auszusprechen, dass zwar eine Neubildung von Muskelelementen während des Wachsthums der Thiere unzweifelhaft sei, dass aber desshalb eine fortwährende Neubildung an Stelle der durch Thätigkeit verloren gegangenen Muskelfasern doch nicht statuirt werden darf.

Die Kerne des Sarcolemma, welche nach Budge durch fortwährende Vermehrung derselben und Dehiscenz die neuen *Sarcous elements* liefern sollten, gehören ihren physikalischen, optischen und chemischen Eigenschaften nach zum nicht contractilen Theile der Muskelfaser, und sind von den Sarcoplasten und der activen contractilen Muskelsubstanz genau zu unterscheiden.

Selbst directe Beobachtungen sogenannter embryonaler Muskelfasern bei Thieren können nur bedingungsweise als Belege für eine solche continuirliche Neubildung von Muskelfasern gebraucht werden. In solchen Fällen müsste vor Allem bestimmt werden, ob die Beobachtung sich nicht auf solche Thiere beziehe, die noch im Wachsthum begriffen waren. Eine periodische Neubildung gewisser Muskelpartien während des Wachsthums der Thiere findet gewiss Statt; daraus folgt jedoch nicht, dass die Ernährung der Muskeln auf eine fortdauernde Neubildung von Muskelfasern und Resorption der alten beruht. Ich glaube vielmehr annehmen zu müssen, dass der Stoffwechsel einer schon fertigen, lebenden Muskelfaser ein moleeularer sei, und sich blos auf einen Ersatz der durch die Thätigkeit höchst wahrscheinlich verlorengegangener Muskelmolecüle beschränke.

---

[1]) Bemerkungen über einige scharfe und brennende Absonderungen verschiedener Raupen, in Müller's Archiv. 1848, S. 375 ff.

[2]) Archiv für physiologische Heilkunde, 1858. II. Bd., 1. Hft., S. 74.

III. ABSCHNITT.

Über den feineren Bau der Muskelfasern.

Zur Ergänzung der auf histogenetischem Wege gewonnenen Resultate fand ich mich bewogen eine Reihe von Untersuchungen über den feineren Bau der Muskelfasern an erwachsenen Thieren und Menschen anzustellen, in der Hoffnung dadurch zur näheren Kenntniss der Structur und Function dieser interessanten Gewebseinheiten wo möglich etwas beitragen zu können.

A. Über die quergestreifte Muskelfaser.

Es gibt wohl keinen Gegenstand in der Histologie, über den die Meinungen mehr differirten, als über den Bau der quergestreiften Muskelfaser. Vor Allem glaube ich daher auf diese verschiedenen Ansichten einen kritischen Blick werfen zu müssen. Die wichtigsten lassen sich auf folgende Theorien zurückführen.

1. Die Fibrillentheorie.

Diese Theorie, nach welcher die quergestreifte Muskelfaser für ein vom Sarcolemma umschlossenes Bündel von Fibrillen gehalten wird, ist eine unter den Physiologen wohl noch jetzt verbreitete Ansicht. Schon die ältesten Beobachter haben aus dem Zerfallen des todten Muskelfaserinhaltes nach seiner Länge auf die Existenz von wirklichen Muskelfibrillen im lebenden Muskel geschlossen; aber auch in neuester Zeit sind viele der Histologen noch dieser Ansicht treu geblieben.

Die Anhänger dieser Theorie erklären die Querstreifen auf verschiedene Weise. Diejenigen, welche sich die Fibrillen überall gleichförmig, parallelrandig und cylindrisch vorstellen, betrachten die Querstreifung entweder als Ausdruck einer Faltung des Sarcolemma [R. Wagner, Triveranus[1]), Berres[2]), Turpin[3]), Ed. Weber[4]), und zum Theile auch O. Funke[5])], oder einer während der Contraction erzeugten Runzelung der sonst glatten

[1]) Beiträge II, 1835, S. 71.

[2]) Mikroskopische Anatomie. 1836.

[3]) Mandl, Anatom. microsc. 1838.

[4]) Muskelbewegung, in R. Wagner's Handwörterbuch der Physiologie. III. Bd.. 2. Abth., S. 3.

[5]) Lehrbuch der Physiologie. Leipzig 1855. S. 515. „Es ist wahrscheinlich," sagt er, „dass auch die Hülle quergestreift ist und dass sie sogar primär die Querstreifung zeigt und diese vielleicht in lebenden Muskelfasern nicht einmal existirt."

Fibrillen [Treviranus[1])], oder sie schreiben die Querstreifung der Kräuselung und dem wellenförmigen Verlaufe der Fibrillen zu [Henle[2]), Reichert[3]), Holst[4])], oder ihren Zickzackbiegungen [Will[5])].

Der bei weitem grössere Theil hält die Fibrillen für varicös oder gegliedert. Schon Hook[6]) beschreibt sie als perlschnurartige Fäden. Leeuwenhoek[7]) glaubt, dass die *striae carnosae* (Fibrillen) aus aneinandergereihten Kügelchen bestehen, was ihn jedoch nicht abhält, sie manchmal für Runzelungen, ein anderesmal für spiralförmig gewundene Fäden zu erklären. Muys[8]) sah die Fibrillen in der Reihe cylindrisch, bei der Contraction knotig, durch Querfurchen eingeschnürt. Fontana[9]) ist der Meinung, dass die Querstreifen durch auf einander treffende Abtheilungen oder Kügelchen der Fibrillen entstehen. In ähnlicher Weise stellen sich Prevost und Dumas[10]), Home und Milne Edwards die Fibrillen vor.

Krause[11]) ist der erste, welcher ausser den Kügelchen noch eine wasserklare Feuchtigkeit annimmt, welche die Kügelchen in Längsreihen zu Fibrillen zusammenhalten soll. Lauth[12]) und Jordan[13]) sind einer ähnlichen Ansicht. Jacquemin[14]) glaubt, dass die ovalen Bläschen, aus welcher die Fibrille zusammengesetzt sein soll, nicht frei, sondern in einem Röhrchen eingeschlossen sind. — Gerber[15]) behauptet, dass die Kügelchen in der Ruhe elliptisch, während der Contraction abgeplattet werden, glaubt aber nichtsdestoweniger an wellenförmige Biegungen, so wie an spiralförmige Windungen der Fibrillen.

Schwann[16]) beschreibt die Fibrillen als zusammengesetzt aus einer Reihe von dunkleren Kügelchen, welche durch hellere Spatien von einander getrennt werden. Bruns[17]) schliesst sich derselben Meinung an und Mayer[18]) hält die Kügelchen sowohl der Länge als der Quere nach durch Fäden mit einander verbunden.

Scharpey[19]), Carpenter[20]) und Queckett[21]) betrachten die Fibrille für eine lineare Reihe zusammenhängender kleiner Partikelchen oder Zellen von gleicher Beschaffenheit, Murray Dobie[22]) aber für eine Reihe von abwechselnd hellen und dunkeln vierseitigen Körperchen.

---

1) Vermischte Schriften anatom. und physiol. Inhalts. Göttingen und Bremen 1816—1821. I. Bd., S. 134.

2) Allgemeine Anatomie. Leizig 1841. S. 584.

3) Müller's Archiv, 1847, S. 17.

4) De structura musculorum in genere et annulatorum musculis in specie observationes microscop. Dissertat. inauguralis. Dorpat 1846.

5) Müller's Archiv, 1843. S. 353 ff.

6) 1678.

7) Opera omnia s. arcana naturae etc. Lugd. Batav. 1722. T. I, III, IV.

8) Musculorum artificiosa fabrica. Lugd. Batav. 1751.

9) Abhandlung über das Viperngift, das americanische Gift u. s. w. Aus dem Italienischen. Berlin 1787. S. 384.

10) Magendie Journal. III, 1823, S. 303.

11) Handbuch der menschl. Anatomie u. s. w. Hannover 1833. S. 57.

12) L'institut 1834. Nr. 70.

13) Müller's Archiv, 1834, S. 428.

14) Isis, 1835, S. 473.

15) Handbuch der allgemeinen Anatomie des Menschen u. s. w. Bern und Chur 1840. S. 139.

16) Müller's Physiologie, 1837, S. 33.

17) Lehrbuch der allgemeinen Anatomie des Menschen. Braunschweig 1841. S. 306.

18) Die Elementarorganisation des Seelenorganes. Bonn 1838. S. 78.

19) Quain's Anatomy. 5. edition. part II. London 1846.

20) Manual of Physiology. London 1846.

21) A practical treatise on the microscope. London 1848.

22) On the minute structure and mode of contraction of voluntary muscular fibre, in Annual of natural history. Febr. 1818.

Wilson[1]) glaubt jede Fibrille zusammengesetzt aus zweierlei Zellen, lichten und dunkeln, so angeordnet, dass zwei lichte Zellen zwischen je zwei dunkeln gelagert sind.

Donders[2]) Beobachtungen zufolge soll die Fibrille aus an einander gereihten Bläschen oder Zellen bestehen, deren jedes ein dem *Sarcous element* entsprechendes kubisches Körperchen enthält.

Kölliker[3]) hielt Anfangs den contractilen Inhalt des Sarcolemma blos aus gegliederten, varicösen Fibrillen zusammengesetzt, hat aber in neuester Zeit den Fibrillen eine körnige Substanz (interstitielle Körner) beigegeben, welche die Zwischenräume zwischen den Fibrillen ausfüllen soll[4]).

Auch Welcker[5]) nimmt wirklich existirende Fibrillen an, deren Durchschnitte er an Querschnitten der Muskelfasern als Punkte abbildet.

2. Die Spiral- und Ringfasertheorie.

Schon Leeuwenhoek kamen manchmal die Fibrillen wie spiralförmig gewundene Fäden vor, wiewohl sie ihm häufiger wie Reihen von Kügelchen oder Runzelungen erschienen sind. Auch spätere Beobachter haben wohl hie und da ähnliche Erscheinungen gesehen, doch sind besonders Raspail, Mandl, M. Barry und Baumgärtner als die eifrigsten Verfechter dieser Ansicht aufgetreten. Raspail[6]) namentlich hält die Querstreifen für spiralförmige Verdickungen der Zellenwand, und vergleicht dieselben mit den Spiralfasern enthaltenden verlängerten Pflanzenzellen. Mandl[7]) glaubt ebenfalls die Querstreifen durch spiralförmig gewundene Fäden erzeugt. M. Barry[8]) behauptet, die Muskelfaser bestehe in ihren äussersten Elementen aus zwei Schraubenfäden, die sich zur Bildung der Faser mit einander seitlich verflechten und so einen Doppelcylinder mit zwei seitlichen Rinnen darstelle. Nach ihm soll auch das Sarcolemma aus Schraubenfasern entstehen, die aber später in einander verfliessen sollen. — Baumgärtner[9]) sieht in den Fibrillen zopfartig verflochtene Fäden.

Skey[10]) betrachtet endlich jede Muskelfaser als eine hohle Röhre, um welche die Längsfasern in Bündeln liegen, die wieder durch ringförmige Fäden befestigt sind, wodurch hellere und erhabene Leisten, welche Ursachen der Querstreifung sind, entstehen sollen.

3. Die Scheibentheorie.

W. Bowman[11]) kann als der erste Begründer dieser Ansicht betrachtet werden. Ihm ist der Inhalt des Sarcolemma eine Substanz, welche die Neigung hat, sowohl nach der

---

[1]) Manuel of Anatomy, 3. edit. S. 16.

[2]) Onderzoekingen betrekkelik den bow vanhet menschelike hart. Nerdel. Lancett. 3. Ser. 1. Jaarg. S. 556.

[3]) Mikroskopische Anatomie. II. Bd., 1. Hälfte, S. 200.

[4]) Einige Bemerkungen über die Endigungen der Hautnerven und den Bau der Muskeln, in Zeitschr. für wissensch. Zoologie. Bd. VIII, 3. Hft., S. 316 ff. — Handbuch der Gewebelehre. 3. Aufl., S. 180 ff., Fig. 97.

[5]) Bemerkungen zur Mikrographie, in Zeitschr. für rationelle Med. Bd. VIII. S. 226, Taf. IV, und Canstatt's Jahresb. f. 1857, S. 35.

[6]) Système de chimie organique. 2. edit. Brux. 1839. §. 1569.

[7]) Anatomie microscopique. Paris 1838. p. 14.

[8]) Neue Untersuchungen über die schraubenförmige Beschaffenheit der Elementarfasern der Muskel, nebst Beobachtungen über die musculöse Natur der Flimmerhärchen, in Müller's Archiv 1850, S. 529 ff., Taf. XVI — XIX.

[9]) Lehrbuch der Physiologie. Stuttgart 1853. S. 43 ff.

[10]) Philosophical Transact. 1837. S. 376.

[11]) On the minute structure and movements of voluntary muscle, in Philosophical Transactions. P. II, 1840; P. I, 1841. — Im Auszuge in Müller's Archiv 1842. — Auch in Physiological Anatomy and Physiology of man. 1845. p. 151.

Länge, als nach der Quere zu zerfallen. Die Fibrillen hält er somit für ein Product des Zerfallens der contractilen Substanz nach der Länge, sowie dieselbe Substanz unter anderen Umständen nach der Quere gespalten in die sogenannten „Fleischscheiben" *(muscular discs)* zerfällt. Die durch das Zerfallen der Fleischscheiben entstandenen „*Sarcous elements*" oder „*primitive particles*" wären daher nach Bowman die eigentlichen Elemente der Fleischsubstanz. Dieser Ansicht zufolge sind also die Fibrillen nichts als linear mit einander zusammenhängende, und die „*discs*" nichts anderes als flächenhaft neben einander gelagerte cohärirende *Sarcous elements.*

Auch Remak[1]) scheint dieser Ansicht zu sein. Leydig[2]) modificirte sie blos dahin, dass er die *Sarcous elements* oder Fleischtheilchen, aus welchen er den contractilen Inhalt des Sarcolemma zusammengesetzt sein lässt, für würfel- oder keilförmige Körperchen ansieht und die Querstreifen von den mit halbflüssiger Substanz erfüllten Interstitien herleitet. Seinen späteren Beobachtungen zufolge sollen diese Interstitien ein mit Fluidum erfülltes mit einander communicirendes Lückensystem darstellen, wobei er zugleich die Lücken mit Bindegewebskörperchen vergleicht[3]).

Aubert[4]) gibt eine ähnliche Beschreibung der Muskeln von Insecten; für die wahren Elemente der Muskelsubstanz hält er kleine würfelförmige oder cylindrische Körperchen, welche sich zu Fibrillen oder Scheiben zusammenlegen.

Welcker[5]), der zwar wirkliche Fibrillen annimmt, sieht die Lücken und Kerne der übrigen Autoren zwischen den Fibrillen als eigenthümliche Muskelkörperchen an, welche er. — ähnlich den Bindegewebskörperchen, den Knorpel- und Knochenkörperchen, — mit anastomosirenden Canälen in Verbindung als plasmaführende Gefässe auffassen zu müssen glaubt.

Haeckel[6]) adoptirt hingegen die *Sarcous elements*, und betrachtet die Lücken Leydig's nicht als Zellen oder Zellenrudimente, sondern als wirkliche Lücken oder Spalten zwischen den Fibrillengruppen. Überdies glaubt Letzterer die *Sarcous elements* durch zwei verschiedene Bindemassen mit einander vereinigt, und zwar der Länge nach durch eine in Salzsäure leicht lösliche, in Alkohol und Wasser unlösliche, der Quere nach aber durch eine in Alkohol und Wasser lösliche, durch diluirte Salzsäure unlösliche Substanz.

Munk[7]) betrachtet sowohl das Quer- als Längsbindemittel zwischen den Fleischtheilchen als chemisch identisch und hält diese letzteren für Körperchen von stets gleichbleibender Grösse.

Budge[8]), der die Maceration in chlorsaurem Kali und Salpetersäure in Anwendung brachte, schliesst sich ebenfalls der Bowman'schen Ansicht an, und hält somit die *Sarcous elements* für die letzten Formbestandtheile der quergestreiften Muskelfaser.

4. Die optisch-chemische Moleculartheorie.

Die Bowman'sche Ansicht erlitt allmählich durch die neuesten Forschungen wesentliche Modificationen, so dass sie füglich als eine ganz neue Theorie zu betrachten ist. Die

[1]) Müller's Archiv, 1843. S. 187.
[2]) Lehrbuch der Histologie des Menschen und der Thiere, 1857, S. 44, und in Müller's Archiv, 1855, S. 50.
[3]) Über Tastkörperchen und Muskelstructur, in Müller's Archiv, 1856, und in Canstatt's Jahresb. für 1856, S. 28 ff.
[4]) Zeitschr. für wiss. Zoologie. Bd. IV, 1853, S. 398.
[5]) Bemerkungen zur Mikrographie, in Zeitschr. f. rationelle Medicin. Bd. VIII, S. 226.
[6]) Über die Gewebe des Flusskrebses, in Müller's Archiv, 1857, S. 486. — Auch in Canstatt's Jahresb. für 1857, S. 36.
[7]) Götting. Nachrichten, 1858, Februar.
[8]) Archiv für physiol. Heilkunde. II. Bd., 1858, 1. Hft., S. 72.

contractile Substanz besteht dieser Ansicht zufolge aus zwei physicalisch, optisch und chemisch ganz verschiedenen Theilen, von denen der eine geformt, der andere aber homogen ist.

Schon Wharton Jones unterscheidet in dem Inhalte des Sarcolemma eine sogenannte Hauptsubstanz und eine Zwischensubstanz *(substance intermédiaire).*

Auch Harting[1]) spricht von einer hellen Verbindungssubstanz zwischen den *Sarcous elements*, nach deren Auflösung durch Salzsäure, Magensaft und beginnende Fäulniss die Bowman'schen *discs* auftreten sollen, ohne jedoch näheren Aufschluss über die wahre Natur dieser zwei Substanzen zu geben.

A. Rollet[2]), der uns die Methode lehrte durch Behandlung der Muskelfasern mit verdünnter Salzsäure (1 per 1000, 24 Stunden lang) nach Belieben sowohl mit einander noch zusammenhängende, wie auch ganz isolirte Muskelscheiben oder *discs* zu erhalten, nimmt an, dass die Fibrille aus einer linearen Reihe zweierlei Substanzen von verschiedener optischen und chemischen Eigenschaft besteht, von denen durch Maceration und chemische Agentien die eine dickere und stärker lichtbrechende sich in der Gestalt kleiner prismatischer Stückchen (Fleischprismen, oder *Sarcous elements*) gewinnen lasse, während die andere, dünnere und schwächer lichtbrechende (Zwischensubstanz) vollkommen aufgelöst wird.

E. Brücke's[3]) Untersuchungen mit Hülfe des polarisirten Lichtes verbreiten ein noch helleres Licht über das Verhältniss dieser zweierlei Substanzen. Er machte nämlich die eben so wichtige als interessante Entdeckung, dass von den zwei Substanzen, deren abwechselnde Lagerung der Muskelfaser das quergestreifte Ansehen verleiht, nur die eine und zwar die stärker lichtbrechende doppeltbrechend ist, die andere aber nicht. Jedes einzelne Fleischprisma oder *Sarcous elements* bricht das Licht doppelt, und ist als ein anisotroper, positiv einaxiger Krystall zu betrachten, dessen Axe der Faserrichtung parallel ist, die Zwischensubstanz aber ist isotrop. Aus der verschiedenen Form und Grösse der *Sarcous elements* an ein und derselben Muskelfaser schliesst ferner Brücke mit seltenem Scharfsinn, dass die *Sarcous elements* nicht selbst feste, doppelt brechende Körper von constanter Grösse und Gestalt sind, sondern dass sie durch Gruppirung kleiner, fester, doppeltbrechender Körperchen von unveränderlicher Grösse und Gestalt gebildet werden, welche er „Disdiaklasten" (Doppelbrecher) nennt.

Endlich statuirt Berlin[4]) einen flüssigen Inhalt des Sarcolemma, in welchem die Querstreifen durch Querreihen von Körnchen entstehen sollen, die an der Oberfläche liegen. Die von Anderen beschriebenen Formelemente des contractilen Inhalts, wie die Fibrillen, die Schraubenfäden, die Fleischscheiben und die *Sarcous elements* sollen seiner Ansicht nach nichts anderes sein als Producte der verschiedenen Präparationsmethoden oder der Gerinnung nach dem Tode des ursprünglich flüssigen Muskelinhaltes.

Nach Aufzählung dieser verschiedenen Ansichten über den feineren Bau der quergestreiften Muskelfaser, erlaube ich mir zunächst dieselben nach dem Massstabe meiner auf

---

[1]) Het Mikroskoop. IV. 1854. p. 271 ff.

[2]) Untersuchungen zur näheren Kenntniss des Baues der quergestreiften Muskelfaser, angestellt im physiol. Institute der Wiener Universität, mit I Tafel, in den Sitzb. der mathem.-naturw. Classe der kais. Akademie der Wissenchaften, Bd. XXIV, S. 291.

[3]) Untersuchungen über den Bau der Muskelfasern mit Hülfe des polarisirten Lichtes. Mit II Tafeln. Aus dem XV. Bde. der Denkschriften der mathem.-naturw. Classe der kais. Akademie der Wissenschaften.

[4]) Über die quergestreifte Muskelfaser, in Archiv für Holländ. Beiträge zur Natur- und Heilkunde von Donders und Berlin. Bd. I, Heft 5. Utrecht 1858. S. 417 ff.

diesem Gebiete gemachten Erfahrung einer Kritik zu unterwerfen, worauf ich erst auf die Einzelnheiten meiner Beobachtungen übergehen werde.

Was zuerst die Fibrillentheorie anbelangt, so wird wohl Niemandem einfallen, die Fibrillen bei manchen todtenstarren Muskelfasern zu läugnen, doch wird jeder Unbefangene zugeben müssen, dass dieselben eine allgemeine Erscheinung nicht sind. Denn nicht allein gibt es Thiere, ja ganze Thierreihen, bei welchen von einer Fibrillenform in der Muskelsubstanz durchaus keine Rede sein kann, sondern auch bei einem und demselben Thiere kommen oft Muskeln vor, wo keine Spur von Fibrillen vorhanden ist, während sie in anderen Muskeln wahrgenommen werden. Überhaupt aber lassen sich die Fibrillen auf die organischen Muskeln höherer Thiere nicht anwenden. Es ist auch nicht abzusehen, wie bei der gleichen Function[1]) aller dieser contractilen Elemente, die Fibrillen bei Letzteren fehlen können. Und wie lassen sich die Beobachtungen Bowman's, Brücke's, Rollet's, Leydig's, Aubert's und Anderer, so wie die von mir gemachten Beobachtungen über die Genese der contractilen Substanz mit der Fibrillentheorie in Einklang bringen? — Wenn die Muskelfaser wirklich aus Elementarfasern oder Fibrillen besteht, warum gelingt durch Maceration in Salzsäure (1 per 1000), so wie durch andere Agentien so leicht die Sonderung derselben in Scheiben, oder in *Sarcous elements*, und warum zerfallen bei vielen Thieren die Muskelfasern auch ohne Reagentien nicht so leicht in Fibrillen, wie in grössern oder kleinern Fleischportionen und *Sarcous elements*. Und endlich, wie lassen sich die merkwürdigen Formen der contractilen Elemente niederer Thiere. der Pteropoden und Heteropoden [Gegenbauer[2])], der Helminthen [G. Walther[3])], der Hydern [Leydig[4])], der Scheibenquallen [M. Schultze[5])] u. s. w. durch die Fibrillentheorie erklären? — Auf alle diese Fragen kann uns obige Hypothese keine befriedigende Antwort geben. Aber auch abgesehen hievon, findet diese Theorie in den von Dubois-Reymond entdeckten vitalen Erscheinungen der Muskeln überdies einen sehr gewichtigen Gegner. Das Unbefriedigende dieser Ansicht mögen wohl die meisten Verfechter derselben gefühlt haben.

Wie steht es nun mit der Spiralfasertheorie? Die Gründe, auf welche die Annahme eines solchen Baues der Muskelfaser gestützt wird, scheinen mir noch weniger stichhaltig als die Fibrillentheorie. Fürs Erste ist das Vorkommen solcher Bilder, welche eine Ähnlichkeit mit schraubenförmig gewundenen Fäden haben, äusserst selten, und sie finden ihre Erklärung theils in der Verwechselung derselben mit Bindegewebsfibrillen der Scheide, oder mit Tracheen, wie dies wahrscheinlich bei Raspail's und Mandl's Bildern der Fall sein dürfte, oder in der seitlichen Verschiebung der *Sarcous elements* durch Druck, Maceration und die vorausgegangene Präparationsweise. Dass übrigens manchmal die Muskelfasern wie aus spiralförmig gewundenen Fäden zu bestehen scheinen, ist wohl nicht zu läugnen. Ausgezeichnete Beobachter, wie Henle[6]), Gerber[7]), haben mitunter solche Bilder gesehen, und ich selbst habe in manchen Präparaten von Säugethier- und Vogelmuskeln eine täuschende

---

[1]) Helmholtz hat in neuester Zeit erwiesen, dass der zeitliche Verlauf der Zusammenziehung der animalen Muskeln dem der organischen völlig analog sei. (Müller's Archiv 1850.)

[2]) Zeitschrift für wissensch. Zoologie. Bd. IV, Hft. 3 und 4.

[3]) Zeitschrift für wissensch. Zoologie. Bd. VIII, S. 163.

[4]) Lehrbuch der Histologie u. s. w., 1857, S. 136.

[5]) Über den Bau der Gallertscheibe der Medusen, in Müller's Archiv 1856, S. 311.

[6]) Allgemeine Anatomie, 1841, S. 584.

[7]) Allgemeine Anatomie, 1840, S. 139, Taf. IV, Fig. 79.

Ähnlichkeit der Muskelfasern mit Spiralfäden gefunden, doch überzeugte ich mich bald, dass die Erscheinung durch eine der oben angedeuteten Ursachen erzeugt war. Dass aber die Spiralfasern nicht allgemein vorkommen, sondern vielmehr eine sehr seltene, zumeist durch äussere Ursachen hervorgerufene Erscheinung sind, und im Froschherzen auch nicht so leicht zum Vorschein kommen, wie dies M. Barry[1]) behauptet, darüber herrscht wohl heute kein Zweifel mehr. Übrigens hat Barry auch die Flimmerhärchen für doppelte Schraubenfäden angesehen, so dass Bowman[2]) wohl seine triftigen Gründe hatte, jene satyrische Bemerkung zu machen, „Dr. Barry hätte seiner Abhandlung eben so gut die Aufschrift geben können: Über die schraubenförmige Structur der organischen Welt."

Die Scheibentheorie Bowman's betreffend, muss ich gestehen, dass dieselbe, so wie sie ursprünglich von ihm aufgestellt wurde, mich eben so wenig befriedigt, wie die vorher erwähnten Ansichten, doch gebührt wohl Bowman das Verdienst, der Erste gewesen zu sein, der den allgemein gehuldigten Glauben an präformirte Fibrillen wankend gemacht und somit eine neue Bahn für die weiteren Untersuchungen der Muskelfaser eröffnet hat. Dass die contractile Substanz nicht allein aus *Sarcous elements* bestehe, haben eben diese neueren Untersuchungen ergeben. Aus dieser Ursache trete ich auch jener Ansicht nicht vollkommen bei, die im Muskelinhalte nur *Sarcous elements* von bestimmter würfel-, keilförmigen oder cylindrischen Gestalt annimmt. (Leydig, Aubert, Budge.)

Was endlich jenes Lückensystem anbelangt, welches Leydig in den Interstitien zwischen den Fleischtheilchen mit Flüssigkeit angefüllt statuirt, und mit welchem er die Wissenschaft zu bereichern glaubte, so haben sich schon Henle, Kölliker, Rollet, Haeckel, Berlin dagegen ausgesprochen. Blos Welcker hat neuerer Zeit etwas diesem Ähnliches angenommen, indem er in der contractilen Substanz der Muskelfaser sogenannte „Muskelkörperchen", ähnlich den Bindegewebskörperchen, beschreibt und abbildet. Diese sollen nach ihm mit Ausläufern nach Art der Bindegewebskörperchen, der Knorpel- oder Knochenkörperchen mit einander communiciren und im frischen lebenden Muskel plasmaführende Gefässe darstellend eine serumartige Flüssigkeit führen[3]). Es ist, wie Henle[4]) ganz richtig bemerkt, kein Grund vorhanden eine Structur, die in der Knochen- und Zahnsubstanz als zweckmässig anerkannt ist, auch innerhalb der Muskelsubstanz vorauszusetzen; da die verkalkte thierische Materie starr und unquellbar ist, so bedarf der Nahrungssaft gebahnte Wege, um mit ihr in allen ihren Theilen in Berührung zu kommen; was aber, fragt Henle weiter, soll ein plasmatisches Röhrensystem einem Stoffe, der sich in compacten Massen von der Oberfläche aus mit Flüssigkeit leicht tränken kann. Aber abgesehen vom Principe der Zweckmässigkeit, frage ich, warum kommen diese Lücken oder plasmatischen Gefässe mit den sogenannten Muskelkörperchen nicht an allen Muskelfasern zum Vorschein, sondern so häufig nur an vorher getrockneten oder durch Alkohol entwässerten und dann wieder in Wasser aufgeweichten Schnitten? — Warum entstehen ähnliche gezackte Hohlräume, die mit Canälen zu communiciren scheinen, an fast allen durch Evaporation vertrocknenden Präparaten, oder verändern ihre Gestalt durch Einwirkung von Reagentien: Essigsäure, Salzsäure u. s. w.? —

---

[1]) Müller's Archiv, 1850.

[2]) Cyclopaedia of Anatomy and Physiology. Art. Muscle, pag. 511.

[3]) Bemerkungen zur Mikrographie, in Zeitschrift für rat. Medicin. Bd. VIII, S. 226, Taf. IV.

[4]) Zeitschrift für rat. Medicin, 1857. Jahresbericht, S. 37.

Lauter Fragen, auf welche man frei von vorgefasster Meinung leicht die richtige Antwort findet. Was mich betrifft, so habe ich an Querschnitten der Muskelfasern die Hohlräume Leydig's oder die Muskelkörperchen Welker's oft gesehen, aber ich betrachte sie entweder als Kunstproducte und Lücken, — welche theils durch das Eintrocknen, theils aber durch das Auseinanderweichen der anschwellenden und sich umstülpenden Enden der Muskelfaserdurchschnitte entstehen, — oder als Kerne in der contractilen Substanz. Das Eindringen der rothen Tinte in die Spalten oder Hohlräume kann durchaus nicht als Beleg für die Existenz von Muskelkörperchen angeführt werden, denn jede Flüssigkeit wird eben so leicht, wenn nicht leichter noch, in die künstlich erzeugten Zwischenräume und Spalten zwischen der contractilen Substanz eindringen, als in ein wahres mit Wandungen versehenes Zellennetz.

Mithin bleibt nur die optisch-chemische Moleculartheorie als diejenige, welche das verschiedene Verhalten und Aussehen der contractilen Elemente bei verschiedenen Thieren nicht nur am einfachsten zu erklären im Stande ist, sondern auch mit meinen über die Entwickelung und den feinern Bau der Muskelfaser gemachten Beobachtungen vollkommen übereinstimmt, und überdies auch für die Physiologie verwerthbar ist.

Die Resultate meiner Beobachtungen über die Genese der Muskelfasern sprechen entschieden gegen die Präexistenz der Muskelfibrillen. Thatsache ist es dagegen, dass die *Sarcous elements* (Fleischprismen oder Fleischkörnchen) als ein Product der Differenzirung aus dem Inhalte eigenthümlicher Zellen, — der von mir genannten Sarcoplasten — entstehen. An diesen erkennt man ganz deutlich die Querstreifen, erzeugt durch die regelmässige Lagerung der doppeltbrechenden Fleischkörnchen in einem sonst homogenem, einfach lichtbrechenden Inhalte. Von Fasern oder Fibrillen, sowohl geraden, varicösen, als spiralig gewundenen ist innerhalb der Sarcoplasten keine Spur vorhanden. Diese Thatsachen wurden nicht nur an Fröschen, Fischen, Vögeln, Säugern und Menschen, sondern auch an Crustaceen und Insecten nachgewiesen. Die Resultate dieser Beobachtungen stimmen sowohl mit Brücke's Theorie als mit Dubois-Reymond's Gesetzen vollkommen überein, wie sich denn auch alle meine Beobachtungen über die Structur der Muskelfasern zur Annahme dieser Theorie vereinen.

a) Über den contractilen Inhalt der quergestreiften Muskelfaser.

Wenn man nach der Eingangs angegebenen Methode quergestreifte Muskelfasern von verschiedenen Thieren untersucht, so bemerkt man innerhalb des Sarcolemma die contractile Substanz aus zweierlei deutlich zu unterscheidenden Bestandtheilen zusammengesetzt, nämlich aus den geformten *Sarcous elements* und der homogenen Grundsubstanz, in welcher erstere eingebettet sind. Die Grundsubstanz ist ganz farblos und wenig lichtbrechend, die *Sarcous elements* hingegen gelblich gefärbt und stark glänzend. Überdies sind die Letzteren, wie Brücke zuerst nachgewiesen hat, doppelt lichtbrechend, während Erstere das Licht nur einfach bricht.

Die Grösse und die Gestalt der *Sarcous elements* ist nicht nur bei verschiedenen Thieren, sondern auch bei ein und demselben Muskel eines Thieres verschieden, ja es können dieselben mitunter innerhalb einer Muskelfaser in dieser Beziehung differiren. Die Gestalt kann eine kugelrunde, ellipsoidische, cylindrische oder prismatische sein. Aus der Verschiedenheit der Form und Grösse der *Sarcous elements* folgt jedoch von selbst, dass dieselben, wie Brücke

ganz richtig annimmt, nicht selbst feste oder bläschenartige Körperchen von constanter Grösse und Gestalt sein können (was Munk[1]) in neuester Zeit irrthümlich behauptet), sondern dass sie nur durch Gruppirung sehr kleiner, fester, doppeltbrechender Körperchen von unveränderlicher Gestalt und Grösse — der sogenannten Disdiaklasten — gebildet werden. Ihre Lagerung in der homogenen Grundsubstanz ist eine derartige, dass sie in gewissen Abständen, die sehr variiren können, sowohl nach der Länge als nach der Quere der Muskelfaser neben und über einander gelagert, durch ihre regelmässige Anordnung die Querstreifung erzeugen.

Von der Richtigkeit dieser Erscheinung überzeugt man sich leicht, wenn man deutlich quergestreifte Muskelfasern bei 525—936maliger Vergrösserung betrachtet.

Auf Taf. IV, Fig. 30 ist eine den Rückenmuskeln eines Froschjungen entnommene Muskelfaser 936 Mal vergrössert ganz naturgetreu abgebildet. Die contractile Substanz (*c*) besteht aus cylindrischen oder ellipsoidischen Fleischkörnchen, die in der homogenen Grundsubstanz regelmässig gelagert erscheinen. Übrigens sind die Reihen der Fleischkörnchen etwas verschoben, und gegen das Ende der Muskelfaser, wo dieselben etwas kleiner sind, bemerkt man diese wie in sehr kleine punktförmige lichte Körperchen zerfallen (wahrscheinlich Disdiaklasten). Die der Länge nach verlaufenden, mit einander nicht correspondirenden dunklen Streifen werden offenbar durch den Lichtreflex erzeugt und sind als die Grenzlinien zwischen den mit einander verschmolzenen Sarcoplasten zu betrachten.

Figur 31 gibt die Abbildung einiger Muskelfaserstücke aus der hinteren Extremität einer Froschlarve, bei 936maliger Vergrösserung. Die kugelrunden Fleischkörnchen erscheinen bei der Längsansicht stets als Querreihen in der stark lichtbrechenden Schicht eingelagert (*a*, *a*). An einzelnen Stellen bemerkt man aus ihrer Gleichgewichtslage gebrachte Fleischkörnchen (*b*, *b*), wodurch die Querreihen derselben verschoben oder unterbrochen werden.

Bei veränderter Einstellung des Mikroskoprohres erscheinen immer andere Querreihen von *Sarcous elements* im Focus, wobei dieselben länger oder kürzer werden, je nach der verschieden hohen oder tiefen Einstellung. Senkt man das Mikroskoprohr allmählich von der höchsten bis zur mittleren Einstellung, so nimmt die Länge jeder einzelnen Querreihe zu, in dem Masse aber als man das Mikroskoprohr von der mittleren bis zur tiefsten Einstellung herabsenkt, werden auch die Querreihen wieder kürzer. Daraus lässt sich nun schliessen, dass die *Sarcous elements* oder Fleischkörnchen nicht etwa blos an der Oberfläche in einfachen Reihen sich befinden, wie dies Berlin in neuester Zeit irrig behauptet[2]), sondern die ganze Breite des Querschnittes einnehmen. Bei hoher Einstellung des Mikroskopes erscheinen die kleinsten Segmente der doppelt lichtbrechenden Querschichten, in welchen die Fleischkörnchen liegen, als kürzere Querreihen; je mehr das Rohr gesenkt wird, desto grössere Segmente rücken auch in den Focus, so dass bei mittlerer Einstellung die Querreihen das Maximum ihrer Länge erreichen und so dem Durchmesser der Muskelfaser gleich werden; bei noch tieferer Einstellung nimmt die Länge derselben wieder in dem Masse ab, als die unteren kleineren Segmente dadurch in den Focus gelangen. Bei starker Vergrösserung (525 Mal) kann man sich leicht von der Richtigkeit dieser Auffassung überzeugen.

Figur 29 stellt bei 936maliger Vergrösserung Stücke von Muskelfasern dar aus dem Kiefermuskel eines erwachsenen Flusskrebses. Man sieht dieselbe regelmässige Anordnung

---

[1]) H. Munk, in Gött. Nachr. 1858, Febr.

[2]) Archiv f. Holländ. Beiträge zur Natur- und Heilkunde. Utrecht. Bd. I. Hft. 5, S. 445.

der *Sarcous elements*, nur sind diese viel grösser als die der übrigen Thiere und haben die Gestalt von Cylindern oder Prismen. Bei *b* bemerkt man einzelne Prismen, welche durch die Präparation ihre ursprüngliche Gleichgewichtslage verloren haben.

Die Untersuchung des contractilen Inhaltes an Querschnitten unterliegt manchen Schwierigkeiten, deren vorzüglichste Ursachen ich hier näher angeben werde: 1. als eine der wichtigsten scheint jenes durch E. Brücke[1]) entdeckte Verhalten der Fleischprismen zu sein, wonach die senkrecht zur Axe durchschnittenen Fleischprismen, bei denen die Axe in der Fortpflanzungsrichtung des Lichtes liegt, keinerlei Spuren von doppelter Brechung zeigen, indem diese Axe auch zugleich die optische Axe ist. Dadurch nun, dass die Fleischprismen in Querschnitten ihre eigenthümliche lichtbrechende Eigenschaft, die sie so sehr auszeichnet, verlieren, scheint auch die Unterscheidung derselben von der homogenen einfach lichtbrechenden Grundsubstanz, worin sie eingebettet sind, viel schwieriger; 2. eine weitere Schwierigkeit ergibt sich aus jenen Veränderungen, welche die contractile Substanz theils durch das Eintrocknen, theils aber durch das nachherige Anfeuchten erleiden muss, wodurch Risse, Spalten oder Klüftungen entstehen können, welche durch ihren Lichtreflex und die gezackten Ränder, besonders wenn sie mit einer mit der contractilen Substanz sich nicht mischenden Flüssigkeit erfüllt sind, das täuschende Bild von Bindegewebskörperchen geben; 3. eine weitere Ursache liegt darin, dass viele Schnitte nicht senkrecht zur Axe der Muskelfasern ausfallen, manche derselben auch zu dünn oder zu dick sind, als dass man daraus die wahre Structur der Muskelfaser erkennen könnte; 4. endlich müssen wohl auch alle jene Formen gewürdigt werden, welche durch die mechanischen Eingriffe des Messers entstehen, wodurch namentlich die Fleischprismen leicht aus ihrer regelmässigen Lage gebracht, verschoben, gequetscht oder zerdrückt werden können. Diese dem mechanischen Eingriffe des Messers zuzuschreibenden Wirkungen müssen überdies verschieden sein, je nachdem das Messer die stark oder die schwach lichtbrechende Schicht getroffen hat.

Die hier angegebenen Schwierigkeiten mögen wohl die Ursachen sein, dass bei einem Theile der Histologen in Bezug auf die Deutung der Querschnitte von Muskelfasern eine so grosse Meinungsverschiedenheit herrscht. Diesem Umstande ist es zu verdanken, dass von einigen Forschern histologische Elemente in die Anatomie der Muskelfasern eingeführt wurden, die als solche durchaus nicht existiren. Dem Unbefangenen wird es bei gehöriger Berücksichtigung obiger Momente nicht schwer sein das Richtige zu erfassen.

Hat man eine grosse Anzahl von Muskelquerschnitten, die man sich auf die bekannte Weise bereitet, genau studirt, so kommt man zu der Überzeugung, dass wohl die wenigsten Durchschnitte von Muskelfasern, die in einem und demselben Präparate enthalten sind, den Inhalt des Sarcolemma ganz unversehrt und in der natürlichen Lagerung zeigen. Überdies lassen sich von manchen Thieren viel leichter ganz gelungene Querschnitte gewinnen, als von den anderen. Bei Vögeln gelingen sie leichter als bei den Säugern, und bei diesen überhaupt leichter als bei Fröschen. Zwischen den Insecten kann ich die sehr musculösen Springfüsse der Heuschrecken als sehr geeignete Objecte zu Querschnitten empfehlen. Die Ursache, warum die Querschnitte von Froschmuskeln eine grössere Anzahl von Kunstproducten zeigen, scheint zum Theil in der geringeren Festigkeit und Dichte des Froschfleisches, zum

[1]) Untersuchungen über den Bau der Muskelfasern mit Hülfe des polarisirten Lichtes. Mit II Tafeln. In dem XV. Bde. der Denkschriften der mathem.-naturw. Classe der k. Akademie der Wissenschaften.

Theil in der geringeren Anzahl der *Sarcous elements* im Verhältniss zur Grundsubstanz zu liegen.

An einem ganz gelungenen Querschnitte vom getrockneten Schenkel eines 18tägigen Hühnerembryos, der auf Taf. V, Fig. 36 abgebildet ist, habe ich die einzelnen Muskelfasern bereits vollkommen gebildet gefunden. Bei 360maliger Vergrösserung konnte ich innerhalb des Sarcolemma die kleinen Fleischkörnchen dicht neben einander gelagert wahrnehmen, bei stärkerer Vergrösserung war auch eine geringe Menge homogener Zwischensubstanz zwischen den einzelnen Fleischkörnchen zu unterscheiden. Von Kernen innerhalb der contractilen Substanz oder anderen ähnlichen Gebilden konnte man nicht die geringsten Spuren sehen.

Der in der Figur 35 gegebene Querschnitt aus dem Gastrocnemius eines Schweinsfötus ist in histogenetischer Beziehung sehr instructiv und wurde bereits im I. Abschnitte dieser Abhandlung näher erörtert. Man bemerkt hier vom Sarcolemma rings umschlossene, noch embryonale Muskelfasern; die contractile Substanz besteht aus Sarcoplasten, die, gegen die Peripherie der Muskelfaser gelagert, noch immer mit einander nicht verschmolzen sind. Längs der Axe sind die mit Blastem gefüllten Lücken sichtbar. Einzelne Sarcoplasten (*B*, *k*, *k*), zeigen im Querschnitte längs der Peripherie die Fleischkörnchen, während in der Mitte noch homogener Inhalt (in der Zeichnung als dunkle centrale Schattirung) zu bemerken ist. Andere Sarcoplasten enthalten vollkommen differenzirten Inhalt, bestehend aus dicht neben einander gelagerten kleinen Fleischkörnchen von homogener Grundsubstanz umgeben. Die Zwischenräume zwischen den einzelnen, noch getrennten Sarcoplasten erscheinen hie und da als gezacktrandige Lücken, die aber mit Bindegewebskörperchen wohl nicht leicht zu verwechseln sind.

Auf welche Art ähnliche gezackte Lücken zwischen den einzelnen Sarcoplasten bei noch embryonalen Muskelfasern und nach vorausgegangener Austrocknung des Muskels ein mit einander communicirendes Zellennetz täuschend nachahmen können, zeigt Figur 40, die den Querschnitt aus dem Schwanzstrecker eines jungen Flusskrebses darstellt. Einzelne Muskelfasern (*d*, *d*) bestehen aus grossentheils verschmolzenen Sarcoplasten mit ziemlich deutlich wahrnehmbaren *Sarcous elements.*

An Querschnitten, die ich mir aus dem getrockneten Hinterschenkel einer erwachsenen Feldheuschrecke *(Acridium stridulum)* bereitete, war in der vom Sarcolemma rings umschlossenen contractilen Masse nichts anderes zu sehen als eine homogene Grundsubstanz und in dieser in regelmässig concentrischen oder wellenförmigen Linien kleine Fleischkörnchen neben einander gelagert (Taf. V, Fig. 39).

Was die Querschnitte von *M. gastrocnemius* des Frosches anlangt, so überzeugte ich mich bald, dass, wenn der Schnitt auch vollkommen senkrecht zur Längsaxe des Muskels geführt wird, die von der polygonalen Umrahmung des Sarcolemma eingefassten Flächen dennoch ein sehr verschiedenes Aussehen darbieten. Als Ursachen dieser Verschiedenheit können folgende Momente in Erwägung gezogen werden. Erstens, ob der Schnitt durch die stark lichtbrechende oder durch die schwach lichtbrechende Schicht gegangen ist; im ersteren Falle werden die Fleischkörnchen durch den mechanischen Eingriff des Messers mehr leiden müssen, als im letzteren; zweitens, ob der Schnitt nicht zu dünn oder zu dick ausgefallen ist und die Muskelsubstanz durch das Trocknen mehr oder weniger verändert wurde, und endlich drittens, ob nicht einige Muskelfasern zwischen den übrigen noch in der Bildung oder im Wachsthum begriffen waren.

Im Folgenden werde ich versuchen alle jene verschiedenen Bilder, die oft an einem Präparate vorkommen, hier etwas genauer zu beschreiben.

1. Die einen zeigen innerhalb des Sarcolemma eine vollkommen durchsichtige homogene Masse. Es sind dies die sehr dünnen, blos die einfach lichtbrechende homogene Zwischensubstanz enthaltenden Querschnitte.

2. Bei Anderen liegen in der vorwiegenden homogenen Masse wenige, wie eingestreute, lichte, runde Körnchen. Diese scheinen dadurch erzeugt, dass das Messer nahe der stark lichtbrechenden Querschicht hindurch ging und dadurch einige lichte Fleischkörnchen auf die Oberfläche des Schnittes zerstreut wurden. Ähnliche Querschnitte haben Leydig veranlasst die Fleischkörnchen irrthümlich für canalartige Räume zwischen der contractilen Substanz auszulegen [1]).

3. Andere wieder zeigen innerhalb der polygonalen Umfassung des Sarcolemma eine grosse Anzahl runder lichter Körnchen in der homogenen Masse eingelagert, ohne irgend einer Spur von Spalten oder Lücken und ohne Kerne. Die lichten kleinen Körnchen sind nichts anderes als Fleischkörnchen oder *Sarcous elements*, die in der homogenen Grundsubstanz in mehr minder regelmässig laufenden concentrischen Reihen eingebettet liegen. Diese Querschnitte beziehen sich offenbar auf die doppelt lichtbrechende Querschicht der Muskelfaser und können allein für massgebend zur Beurtheilung der eigenthümlichen inneren Anordnung der Fleischkörnchen in der doppelt lichtbrechenden Schicht betrachtet werden.

4. An vielen Durchschnitten bemerkt man überdies rundlich-ovale bläschenartige Kerne zwischen den *Sarcous elements*, die nach Zusatz von Essigsäure noch mehr zum Vorschein kommen. Es sind dies nichts anderes als die ursprünglich den Sarcoplasten zugehörigen Kerne, welche nach völliger Verschmelzung der Ersteren zu einer continuirlichen Muskelsubstanz, in dieser als kernartige Gebilde zurückbleiben.

5. Ausserdies bemerkt man häufig noch solche Querschnitte, bei welchen innerhalb der mit Fleischkörnchen versehenen contractilen Masse verschiedene durch die Präparationsweise entstandene Kunstproducte vorkommen, deren Gestalt, Aussehen und Bedeutung eine verschiedene sein kann. Einige von diesen haben gezackte unregelmässige Ränder, oder sehen wie spindelförmige, an beiden Enden zugespitzte Körperchen aus, und sind ohne Zweifel nichts anderes als Lücken oder Spalten in der durch das Austrocknen zerklüfteten Muskelsubstanz; sie scheinen manchmal mit einander zu communiciren und können, besonders wenn sie mit Flüssigkeit erfüllt sind, leicht für Bindegewebskörperchen oder sogenannte Muskelkörperchen (Welcker) gehalten werden. Andere von diesen Kunstproducten unterscheiden sich von den ersteren dadurch, dass sie mehr abgerundete, wiewohl nicht ganz regelmässige Contouren und starken Glanz besitzen; diese sind, wie ich mich an unzähligen Präparaten überzeugte, nichts anderes, als einzelne oder mehrere mit einander noch zusammenhängende Fleischkörnchen, die mit dem Messer aus ihrer Lage gebracht und dabei gedrückt oder auch zerquetscht wurden.

6. Waren zwischen den übrigen Muskelfasern einzelne noch in der Bildung begriffene, so können diese an Querschnitten innerhalb des Sarcolemma die rundlichen Contouren der mit einander noch nicht völlig verschmolzenen,

---

[1]) Über Tastkörperchen und Muskelstructur, in Müller's Archiv, 1856, S. 157, Taf. V, B. 2.

oder auch ganz getrennten Sarcoplasten darbieten (vergl. Fig. 35 und Fig. 40). Diese könnten ebenfalls, besonders wenn sie vereinzelt vorkommen, leicht als Bindegewebskörperchen angesehen werden. Ähnliche Bilder fanden sich sehr häufig an solchen Präparaten, welche vom *M. gastrocnemius* ganz junger Frösche bereitet wurden.

Auf Taf. V, Fig. 38 ist ein Querschnitt aus dem *M. gastrocnemius* eines erwachsenen Frosches abgebildet bei 360maliger Vergrösserung. Aus diesem Bilde ist ersichtlich, wie verschieden die einzelnen Durchschnitte der Muskelfasern sind. Man sieht darin polygonale vom Sarcolemma begrenzte Flächen, in welchen die contractile Substanz ein verschiedenes Aussehen zeigt. Die Einen (*b*) zeigen die Fleischkörnchen in regelmässiger Anordnung neben einander in der homogenen Grundsubstanz eingelagert; die Reihen derselben liegen fast concentrisch; einige Fleischkörnchen scheinen über dem Niveau der übrigen zu liegen und besitzen einen grösseren Glanz, was sich wohl daraus erklären lässt, dass dieselben ihre Lagerung verändert haben und dadurch ihre optischen Axen nicht mehr in der Fortpflanzungsrichtung des Lichtes liegen, wie dies bei den übrigen noch der Fall ist. Andere (*c*) lassen ausser den zerstreuten Fleischkörnchen in der contractilen Substanz theils künstlich entstandene Spalten und Risse, theils mit dem Messer zerdrückte Fleischkörnchen, aber auch einige wirkliche Kerne erkennen. Die übrigen Querschnitte (*d*) enthalten meist längliche, an beiden Enden zugespitzte, durch den Lichtreflex dunkel erscheinende Spalten und Risse, die leicht für Bindegewebskörperchen gehalten werden könnten.

In Figur 37 ist der Querschnitt eines getrockneten *M. plantaris* des Menschen, ebenfalls bei 360maliger Vergrösserung dargestellt. Zwei Muskelfaserdurchschnitte (*b*, *b*) enthalten regelmässig concentrisch neben einander gelagerte runde Fleischkörnchen oder *Sarcous elements*. Andere Durchschnitte (*c*, *c*) zeigen eine geringere Anzahl von Fleischkörnchen und diese liegen ohne besonderer Ordnung in der homogenen Grundsubstanz zerstreut. An dem Einen sieht man künstlich zerstreute Risse und Spalten, theils am Rande, theils im Innern desselben (*d*). Endlich bemerkt man auch solche Durchschnitte (*f*, *f*), die nebst regelmässiger Anordnung der meisten Fleischkörnchen, einige mit dem Messer verschobene und zerdrückte enthalten.

Ich glaube somit genügende Belege geliefert zu haben, sowohl gegen die Existenz von Bindegewebskörperchen oder sogenannten Muskelkörperchen, als auch gegen die plasmatischen Canäle innerhalb der contractilen Substanz. Alle jene Bilder, die für Bindegewebskörperchen u. s. w. von Einigen gehalten werden, reduciren sich entweder auf Spalten und Risse in der contractilen Substanz, oder auf zerdrückte *Sarcous elements*, oder endlich auf Sarcoplasten und Kerne derselben.

Aus diesem Grunde kann ich daher weder Leydig noch Kölliker beipflichten. Letzterer hält den contractilen Inhalt des Sarcolemma zusammengesetzt aus Fibrillen und aus den interstitiellen Körnern. Dass erstere nicht existiren ist oben bereits nachgewiesen; was jedoch die interstitiellen Körner betrifft, welche Kölliker (in Zeitschr. für wiss. Zool., Bd. VIII, Taf. XIV, Fig. 3, und Handbuch der Gewebelehre, 3. Aufl., S. 181, Fig. 97) abbildet und die bereits Henle[1]) beobachtet hat, so werden wohl erst fernere Untersuchungen entscheiden, ob dieselben wirklich zur contractilen Substanz gehören, oder etwa als Vermittler zwischen der Nerven- und Muskelsubstanz zu deuten sind.

Was die Kerne der Muskelfasern anlangt, so glaube ich die dem Sarcolemma zugehörigen Kerne von jenen genau unterscheiden zu müssen, die im Innern oder an der Oberfläche

---

[1]) Allgemeine Anatomie, Leipzig 1841, S. 585, Taf. IV, Fig. 4 *B*, *a*, *a*.

der contractilen Substanz selbst vorkommen. Bei Menschen, Säugern, zum Theile auch bei Vögeln, konnte ich im Innern der willkürlichen Muskelfasern, selbst nach Zusatz von Essigsäure, nichts wahrnehmen was für einen wirklichen Kern gedeutet werden könnte. An manchen Querschnitten kommen zwar bisweilen den Kernen täuschend ähnliche Bilder vor, die aber durch Essigsäure lichter werden und sich lediglich auf Eins der oben erwähnten Kunstproducte beziehen. Wirkliche Kerne finden sich bei diesen nur an der Oberfläche der contractilen Substanz, welche sich im Querschnitte wie dunklere, längliche, der inneren Fläche des Sarcolemma anliegende Körperchen ausnehmen.

Kerne innerhalb der contractilen Substanz konnte ich bis jetzt in der Regel nur an den Muskelfasern der Amphibien, der Fische, dann im Brustfleisch der Tauben und Hühner, und im Herzfleisch der Säuger (Mensch, Hund, Schaf) finden, und stimme ich in dieser Beziehung mit Donders, Rollet, Kölliker u. A. ganz überein. Zu empfehlen sind in dieser Hinsicht — nach Rollet's Angabe — Durchschnitte von in Salzwasser gekochten und getrockneten Objecten, die in Glycerin aufbewahrt die Kerne im Innern der Muskelfasern ganz deutlich zeigen.

Diese in der contractilen Substanz eingelagerten Kerne sind meiner Ansicht nach die zurückgebliebenen Kerne der Sarcoplasten, aus deren Verschmelzung eben die Muskelfaser hervorgegangen ist.

Dass aber auch bei Fröschen u. s. w. die Kerne der Sarcoplasten im Laufe der Zeit schwinden können, beweist das schon oben erwähnte, wiewohl seltenere Vorkommen von solchen Muskelfasern, die ganz kernlos sind, und deren Inhalt lediglich aus den in homogener Grundsubstanz eingebetteten *Sarcous elements* zu bestehen scheint.

Endlich muss ich noch jener dunklen Längsstreifen erwähnen, die man häufig längs der Oberfläche der Muskelfasern verlaufen sieht. Ihre Deutung war stets eine sehr unsichere; man hielt sie bald für den Ausdruck von Spaltungen zwischen den Fibrillen (Kölliker, Reichert u. A.) oder für Lücken und Bindegewebskörperchen zwischen den Primitivcylindern (Leydig), bald für blosse Faltungen. Betrachtet man diese Längsstreifen etwas genauer, so überzeugt man sich leicht, dass sie nicht durch die ganze Länge der Muskelfaser in einer continuirlichen Linie verlaufen, sondern unterwegs aufhören, um an nicht correspondirenden Stellen wieder anzufangen. Offenbar spricht dieser Umstand nicht nur gegen die Existenz der Fibrillen, sondern auch gegen die sogenannten Primitivcylinder; denn in beiden Fällen müssten die Linien durch die ganze Länge der Muskelfaser continuirlich verlaufen. Nach dem im I. Abschnitte nachgewiesenen Bildungsmodus der quergestreiften Muskelfaser aus verschmolzenen Sarcoplasten, lassen sich diese dunklen Linien ganz einfach erklären. Vergleicht man die auf Taf. I, Fig. 7, 8, 9, 10, dann Taf. III, Fig. 25, 26, 27 und Taf. IV, Fig. 30 gegebenen Bilder mit einander, so ist es klar, dass die genannten Linien nichts anderes sein können als Grenzlinien zwischen den einzelnen mit einander verwachsenen Sarcoplasten, die oft auch später noch bei ganz gebildeten Muskelfasern sichtbar bleiben.

b) Über die nicht contractilen Bestandtheile der quergestreiften Muskelfaser.

Aus der im I. Abschnitte bereits geschilderten Entwickelungsweise der quergestreiften Muskelfaser hat sich ergeben, dass das Sarcolemma weder Zellenmembran sei, noch der Verwachsung von Zellenmembranen sein Dasein verdanke, sondern ein durch Verdichtung der embryonalen Bindesubstanz unter Mitwirkung der Kerne erzeugtes elastisches Häutchen darstelle.

Es wurde zugleich nachgewiesen, dass das Sarcolemma in embryonalem Zustande nicht ganz structurlos sei, sondern feine, den elastischen ähnliche Fasern oder Fäden enthalte, welche auf der inneren Fläche desselben verlaufen, und einestheils mit den Kernen, andererseits aber mit den Sarcoplasten in Verbindung zu treten scheinen (vergl. Taf. I, Fig. 6 *c*, Fig. 10; Taf. II, Fig. 11, 12, 14, 15 und 17 *a*; Taf. III, Fig. 26, 27; Taf. IV, Fig. 30).

Ich untersuchte später an ganz gebildeten Muskelfasern das Sarcolemma bei verschiedenen Thieren und mit starken Vergrösserungen, und fand, dass auch hier nicht selten an der inneren Fläche desselben ganz feine Fasern verlaufen, die häufig in Kerne anzuschwellen scheinen (Taf. IV, Fig. 32 *b*, *b*). Ich überzeugte mich ferner, dass diese Fasern keine Täuschung sind und daher auch keinerlei Faltung oder Runzelung des Sarcolemma zugeschrieben werden können, da ich dieselben manchmal durch die Präparation isolirt frei abstehen sah und häufig auch ihre Contouren deutlich unterscheiden konnte. Kölliker[1]), der das Sarcolemma neuerdings bei *Siredon* und *Rana* untersuchte, glaubt ebenfalls, dass dasselbe nicht ganz structurlos sei; er spricht jedoch von einer feinen, dichten Punctirung an der Oberfläche, ohne zu entscheiden, ob diese auf die Gegenwart von Poren zu beziehen sei oder nicht. Aus diesem Grunde glaube ich, dass Kölliker die feinen Fädchen, die sich besonders bei jungen Fröschen und Crustaceen vom Sarcolemma isoliren lassen, übersehen habe.

Was die chemische Constitution anbelangt, so verhält sich in dieser Hinsicht das Sarcolemma ziemlich ähnlich dem elastischen Gewebe; denn beide lösen sich nicht in Alcalien und nicht in der Siedhitze und röthen sich auch durch Zucker und Schwefelsäure nicht, wodurch sie sich von den gewöhnlichen Eiweisskörpern unterscheiden. Den einzigen Unterschied fand Kölliker[2]) darin, dass während nach Paulsen[3]) das reine elastische Gewebe durch Salpetersäure und Kali sich orange färbt und in Xanthoproteinsäure übergeht, dies beim Sarcolemma nicht der Fall sein soll. Kölliker stützt jedoch seine Aussage blos auf die Beobachtung, welche er an dem Sarcolemma des Axolotl gemacht hat.

Wenn ich alle auf histogenetischem Wege gewonnenen Resultate über die Entwickelung der Muskelsubstanz und des Sarcolemma bei Thieren, so wie die Beobachtungen über die Beschaffenheit des Sarcolemma an schon gebildeten Muskelfasern zusammenfasse und hiezu noch die grösste Ähnlichkeit des Sarcolemma mit dem elastischen Gewebe, so wie den directen Übergang desselben in die Sehne (der weiter unten nachgewiesen wird) in Erwägung ziehe, so kann ich die Ansicht Schwann's, Kölliker's und Anderer unmöglich theilen, derzufolge das Sarcolemma als vollkommen structurlos und als die Summe von Zellmembranen, oder als die structurlose Hülle der durch Vermehrung der Kerne verlängerten Muskelzelle gedeutet wird. Ich glaube hier triftigere Gründe angeführt zu haben für die Annahme, dass das Sarcolemma die Bedeutung einer elastischen Bindesubstanz habe.

Es haben schon Reichert[4]) und Holst[5]), Leydig[6]) und Fick[7]) das Sarcolemma als homogene Bindesubstanz betrachtet und demnach angenommen, dass der schlauchartig

---

[1]) Handbuch der Gewebelehre, 3. Aufl., S. 181.
[2]) Mikroskopische Anatomie. Bd. II. 1. Hälfte, S. 251.
[3]) Observationes microchem. Dorpat 1848. p. 24.
[4]) Beobacht. über das Bindegewebe, S. 77 ff.
[5]) De structura musculorum in genere etc. Dorpat 1846.
[6]) Lehrbuch der Histologie des Menschen u. s. w. 1857, S. 138 ff.
[7]) Müller's Archiv 1856, S. 425 ff.

fortgesetzte Sehnenbündel als Sarcolemma seine Muskelfaser aufnehme. Fick nahm sogar bindegewebige Fäden innerhalb der Muskelfaser an, welche sich seiner Ansicht nach zum Theil zwischen den Fibrillen der Muskelfaser hinein erstrecken sollen. Ich muss gestehen, dass ich den elastischen ähnliche Fäden, wiewohl ich dieselben bei embryonalen Muskelfasern mit Sarcoplasten häufig in Verbindung sah, innerhalb der contractilen Substanz der fertigen Muskelfasern bis jetzt nicht wahrnehmen konnte. Ich glaube daraus schliessen zu können, dass die elastischen Fäden entweder mit der weiteren Entwickelung der Muskelfaser allmählich schwinden, bis auf kleine Überreste, die wohl manchmal längs des Sarcolemma sichtbar bleiben, oder dass sie auch fernerhin innerhalb der contractilen Substanz vorkommen und nur wegen der grossen lichtbrechenden Eigenschaft der Muskelsubstanz nicht nachzuweisen sind. Welche von diesen zwei Möglichkeiten der Wahrheit näher liegt, werden wohl erst fernere Untersuchungen entscheiden. Doch möchte ich Ersteres für wahrscheinlicher halten, wofür auch eine von Budge[1]) in neuester Zeit gemachte Beobachtung zu sprechen scheint. Er weist nämlich darauf hin, dass er auf der inneren Fläche der durch Maceration in chlorsaurem Kali und Salpetersäure vollkommen entleerten Sarcolemmaschläuche die Kerne sämmtlich mit Fasern in Verbindung gesehen habe, so dass auf der ganzen Fläche der Muskelfaserhülle ein vielfach anastomosirendes Fasernetz mit vielen Kernen sich zeigte.

Dass die Bindesubstanz wirklich in näherem Zusammenhange mit dem Muskelgewebe sei, ist aus meinen Beobachtungen ziemlich ausser Zweifel gesetzt. Mit diesen Beobachtungen scheint übrigens die von Huxley[2]), Leydig[3]), Billroth[4]) wahrgenommene Endigungsweise verästelter Muskel- und Nervenfasern in Spindelzellen des Bindegewebes übereinzustimmen. Auch Kölliker[5]) beschreibt in neuester Zeit eine derartige Verbindungsweise, wobei eine kernhaltige in Zerfaserung begriffene Bildungszelle des Bindegewebes bei Jungen von *Rana temporaria* die spitzen Enden zweier Muskelfasern verband. Meissner[6]) erwähnt ebenfalls dass er an den musculösen Faserzellen der Blasenwand des Kaninchens den von Treitz[7]) angegebenen Übergang in feine elastische Fasern als Sehnen constatiren konnte.

Zieht man alle diese Beobachtungen in Erwägung, und vergleicht sie mit den durch mich gewonnenen Resultaten, so wird man nicht umhin können die Bindesubstanz, namentlich das elastische Gewebe mit dem Gewebe der Muskeln in nächste Beziehung zu bringen. Überall, wo contractile Substanz sich entwickelt, begegnet man mehr minder entwickelten Bündeln von feinen elastischen, wellig oder spiralig verlaufenden Fäden, und die von mir nachgewiesenen Sarcoplasten entwickeln sich in demselben Blastem, in welchem diese Faserzüge verlaufen und sind auch mit einzelnen Fäden derselben in Verbindung. Je mehr sich aber die contractilen Elemente entwickeln und innerhalb des Sarcolemmaschlauches mit einander verschmelzen, desto schwerer gelingt auch die directe Nachweisung dieses eigenthümlichen Verhaltens der genannten Fäden, bis endlich bei vollkommen entwickelten Muskelfasern nur das elastische Sarcolemma mit den auf der inneren Fläche desselben verlaufenden Fäden und Kernen wahrgenommen werden kann.

---

[1]) Archiv f. physiologische Heilkunde, 1858, II. Bd., 1. Heft. S. 74.
[2]) Henle's Jahresbericht. 1854, S. 51.
[3]) Lehrbuch der Histologie etc., 1857, S. 56.
[4]) Müller's Archiv, 1858, S. 159.
[5]) Zeitschrift für wissensch. Zoologie, IX. Bd., S. 142. — Handbuch der Gewebelehre, 3. Aufl., S. 203, Fig. 112.
[6]) Zeitschrift für rationelle Medicin, 1858, II. Bd., S. 316.
[7]) Prager Vierteljahresschrift, 1854, Bd. I, S. 113.

Es sei mir gestattet hier noch einige Bemerkungen über diese eigenthümlichen Fäden und ihre etwaige physiologische Bedeutung folgen zu lassen.

Es wurde oben bereits angedeutet, dass dieselben eine grosse Ähnlichkeit mit feinen elastischen Fasern oder den sogenannten Kernfasern zeigen. Ihr Verlauf ist ein mehr minder wellenförmiger oder spiralig gewundener; Theilungen und Anastomosen durch Absendung von Seitenästen habe ich bis jetzt seltener beobachtet. In dil. Essigsäure und Kali lösen sich dieselben nicht auf; bemerkenswerth ist jedoch ihre Verbindung mit den Sarcoplasten, welche ich an embryonalen Muskelfasern des Frosches, der Wanderratte und des Flusskrebses ganz deutlich beobachtete (vgl. Taf. II, Fig. 11 *a*, *c*. Fig. 12, 14; Taf. III, Fig. 26, 27 *c*). Was ihre physiologische Bedeutung anbelangt, so scheinen sie in dieser Beziehung elastischen Sehnenfasern zu entsprechen, so dass ich geneigt wäre ihren Nutzen in der Verbindung und Befestigung der noch getrennten Sarcoplasten zu suchen, wodurch sie zur Stütze der noch zarten Muskelelemente der Embryonen dienen würden. In diesem Falle könnte das Fehlen derselben bei fertigen Muskelfasern dadurch vielleicht erklärt werden, dass die mit einander verschmolzenen Sarcoplasten dann eines solchen Verbindungs- und Befestigungsmittels nicht mehr bedürfen. Andererseits aber muss ich gestehen, dass mich dieselben Fäden nicht selten auch an die sogenannten Axencylinder der Nervenfäden erinnerten, wiewohl es sonderbar klingt, einen unmittelbaren Connex der letzteren mit den Elementen der contractilen Substanz zu behaupten.

Über die Endigungen der motorischen Nerven reicht zwar unser jetziges Wissen — Dank den Beobachtungen J. Müller's, Brücke's[1]), so wie den Untersuchungen R. Wagner's[2]), Kölliker's[3]), Doyère's[4]). Quatrefages's[5]), Leydig's, Wedl's, Meissners[6]) — so weit, dass man Theilungen und freie Enden auf der Oberfläche der Muskelfasern als sehr wahrscheinlich bei allen Thieren annehmen kann. Allein täglich machen wir die Erfahrung, dass unser Wissen in der Histologie noch bei weitem nicht am Ende ist. Schon Doyère hat bei Tardigraden die merkwürdige Verbindung der Nerven mit den Muskeln beschrieben, der zufolge die Nervenfasern sich mit verbreiterten Enden an die Muskelfasern ansetzen sollen. Quatrefages hat bei Eolidina und einigen Rotiferen, so wie bei Amphioxus, Kölliker bei einer Chironomuslarve ganz ähnliche Verhältnisse gesehen. R. Wagner gibt sogar an, dass die letzten Enden der Nervenröhren nach gabelförmiger Theilung blasser werden und unter der Hülle der Muskelfaser verschwinden. Nach Meissner sollen Nervenfasern bei *Mermis albicans* sich dreieckig verbreitern und endlich mit der Basis dieses terminalen Dreiecks an die Muskelfasern anheften, so dass eine vollständige Verschmelzung beider Theile stattfindet.

Wenn man das blasse Aussehen der Endfäden der Muskelnerven, ihre einfachen Contouren, die Feinheit ihrer Spitzen, die oft einer Bindegewebsfibrille ähnlich ist, in Erwägung zieht, und hiezu bedenkt, dass Nervenfasern, welche wohl spitzig oder erweitert im Sarcolemma zu enden schienen, in ihrem weiteren Verlaufe theils wegen ihrer Feinheit oder der stark lichtbrechenden Eigenschaft der sie umgebenden contractilen Substanz, theils wegen

---

[1]) J. Müller's Physiologie. 4. Aufl., Bd. I. S. 524.

[2]) Handwörterbuch der Physiol. Bd. III, S. 381 ff.

[3]) Mikroskopische Anat. Bd. II. 1. Hälfte. S. 238 ff.

[4]) Annales des sciences nat. 2. sér. Vol. XIV, 1840; Vol. XVII, XVIII, 1842.

[5]) Annales des sciences nat. 1843, p. 300 und Pl. 11, Fig. XII.

[6]) Zeitschr. f. wissensch. Zool., Bd. V, S. 234, Taf. XII, Fig. 17.

der Unvollkommenheit unserer Instrumente und Untersuchungsmethoden jenseits des Sarcolemma leicht der Beobachtung entgehen könnten, so wäre man fast geneigt, den genannten Fäden des Sarcolemma eine nervöse Natur zuzuschreiben, oder ihnen wenigstens eine vermittelnde Rolle zwischen den Nerven und der contractilen Substanz zu vindiciren.

Vergleicht man den Durchmesser dieser Fasern mit dem der Axencylinder oder der terminalen Endfäden der Nervenröhren, so ergibt sich zwischen beiden keine besondere Differenz. Ich fand die Fasern des Sarcolemma beim Frosche gleich 0·0005 bis 0·0010 Millim., bei *Mus. decumanus* 0·0009 Millim., beim Sperling 0·0012 Millim. und beim Flusskrebse 0·0011 Millim. Nach Dr. Ovsjannikow[1]) messen die feinsten (lange nicht die allerfeinsten) Axencylinder 0·0007 Millim.

Die Reactionen der genannten Fasern sind ferner der Art, dass sie dem Binde- und elastischen Gewebe auch nicht ganz eingereiht werden können und dieselben manche Analogie mit den sogenannten Müller'schen Fäden darbieten. Von verdünntem *Kali causticum* werden sie mehr angegriffen als die ersteren und lösen sich in kurzer Zeit in demselben auf. In Äther und Alkohol werden sie nicht verändert, eben so in Chromsäure und Quecksilberchlorid. Hiezu lässt sich noch beifügen, dass sie sich auch nach längerem Kochen in destillirtem Wasser eben so wenig auflösen, wie die Müller'schen Fäden der Retina und ziemlich vergänglich sein müssen, da sie bei länger in Wasser macerirten Muskelfasern kaum mehr zu erkennen sind. Ob dieselben durch Zucker und Schwefelsäure eine rothe Färbung annehmen, konnte ich nicht genau ermitteln. Aber schon diese wenigen Reactionen, in Verbindung mit der Thatsache, dass dieselben bei embryonalen Muskelfasern mit der contractilen Substanz im Connexe stehen, dürften mich wohl entschuldigen die Vermuthung ausgesprochen zu haben, dass die genannten faserigen Elemente vielleicht dem Nervengewebe angehören mögen.

Da dieselben übrigens auch mit dem Sarcolemma in Zusammenhang stehen, so könnte dieser Zusammenhang mit einer Membran von elastischer Natur, so wie ihre Unlöslichkeit in Essigsäure und siedendem Wasser auch als Grund für die gegentheilige Ansicht angeführt werden, wonach dieselben blos elastischer Natur sein könnten.

Alles dies zusammengenommen, muss ich gestehen, dass ich nicht im Stande bin obige Frage zu entscheiden und es von weiteren Untersuchungen abhängig sein wird, ob es richtiger sei, dieselben als elastische Stützfasern der Muskelelemente, oder als Vermittler zwischen dem Nerven- und Muskelgewebe zu deuten. Mögen andere Forscher auf diesem schwierigen Gebiete den für die Physiologie der contractilen Gewebe so wichtigen Gegenstand ihrer vollen Aufmerksamkeit würdigen und zu sichereren Resultaten gelangen als es mir bis jetzt gelingen konnte.

c) Über die Anheftung der quergestreiften Muskelfasern an die Sehnen.

Es bleibt mir schliesslich nur die Aufgabe noch zu lösen, wie die Verbindung der Muskel- und Sehnenelemente zu Stande kommt, da in dieser Beziehung die Ansichten der Histologen nicht wenig von einander differiren. Die Einen nehmen nur eine Apposition an, die Anderen einen directen Übergang beider Elemente in einander. Kölliker[2]) hält die eine

[1]) Kleinere Mittheilungen u. s. w. in Virchow's Archiv, Bd. V, 1. u. 2. Hft., 1858, S. 151.

[2]) Mikroskopische Anatomie, II. Bd., 1. Hälfte, S. 218 ff.

und die andere Anheftungsweise für möglich und meint insbesondere, dass in allen jenen Fällen, wo die Richtung der Sehnen- und Muskelfaserung ein und dieselbe ist, ein directer Übergang der Muskelfasern in die Sehne stattfinde, in allen anderen Fällen aber, wo die Muskelfasern schief an Sehnen oder Aponeurosen stossen, erstere mit blindendigenden Primitivscheiden an die Sehnenmasse seitlich blos angeheftet seien. Neuerer Zeit hat Fick[1]) eine genauere Untersuchung diesem Gegenstande gewidmet und davon mehrere Abbildungen geliefert, die mich um so mehr interessirten, da die Resultate seiner Untersuchungen im Wesentlichen mit den meinigen übereinstimmen.

Ich habe ebenfalls an allen, sowohl embryonalen, als fertigen Muskelfasern, die ich in grosser Anzahl untersucht hatte, nur eine Art des Ansatzes gefunden. Eine seitliche Verklebung der Muskelelemente, wie sie Kölliker bei schiefem Ansatz beschreibt und in seiner Mikroskopischen Anatomie (Bd. II, 1. Hälfte, S. 219, Fig. 63) abbildet, habe ich nicht gesehen. Auch kann ich Valentin[2]) nicht beistimmen, dem zufolge die Muskelfaser von den Sehnenfasern stets nur im Umkreise umfasst sein soll.

Tafel II, Fig. 11 stellt zwei embryonale Muskelfasern mit ihren Sehnenbündeln von einem Froschjungen dar. Man sieht die contractilen Bestandtheile der werdenden Muskelfaser oder die sogenannten Sarcoplasten (*a*, *a*, *a*, *b*) zwischen den Sehnenfasern eingelagert und mit diesen in unmittelbarer Verbindung.

Tafel IV, Fig. 33 zeigt den unmittelbaren Übergang des Sarcolemma in die Sehnensubstanz. Die Muskelfasern sind von dem Rücken einer Froschlarve und 360 Mal vergrössert. Man bemerkt an diesem Präparate, wie gegen das Ende der Muskelfaser die grösstentheils schon verschmolzenen Sarcoplasten in die Sehnensubstanz einzeln noch hineinragen und die Fasern der letzteren die Muskelfaser nicht nur im Umkreise umfassen, sondern auch in der Mitte mit einzelnen hervorragenden Zacken in Verbindung treten.

Bei jungen Fröschen und Flusskrebsen begegnet man nicht selten Muskelfasern, deren contractile Substanz den erweiterten Sarcolemmaschlauch nicht vollständig ausfüllt und an denen man sowohl den directen continuirlichen Übergang des Sarcolemma in die Sehnen, wie auch das nähere Verhältniss der Sehnenfasern zur contractilen Substanz leicht nachweisen kann. Figur 30 zeigt eine solche Muskelfaser von einem Froschjungen. Der weite Sarcolemmaschlauch (*a*) geht unmittelbar in die Sehne über und zwischen dem Sarcolemma und dem contractilen Inhalt (*c*) bemerkt man überdies eine einfache Faser (*d*), die nach kurzem Verlauf in die Sehne übergeht.

Tafel III, Fig. 26 und 27 zeigen bei einem jungen Flusskrebse dasselbe Verhältniss zwischen dem contractilen und dem nicht contractilen Theile der Muskelfaser.

Fasst man nun Alles über das Sarcolemma und die Anheftung der Muskelfasern an die Sehnen zusammen, so ergibt sich Folgendes:

1. Das Sarcolemma bildet einen direct in die Sehne übergehenden Schlauch, in welchem die contractile Substanz enthalten ist.

2. Zwischen dem Sarcolemma und dem contractilen Inhalte verlaufen feine Fäden eigenthümlicher Art, die sich bis in die Sehne verfolgen lassen, und zwar nicht nur bei Wirbelthieren, sondern auch bei Articulaten.

---

[1]) Über die Anheftung der Muskelfasern an die Sehnen, in Müller's Archiv 1856, S. 425 ff., Taf. XVII B.

[2]) Artikel „Gewebe" in Wagner's Handwörterbuch der Physiologie, Bd. I, S. 714.

3. Es treten überdies noch innere Sehnenfäden mit dem Ende der Muskelfaser in Verbindung; es ist aber höchst wahrscheinlich, dass dieselben bei ganz gebildeten Muskelfasern in das Innere nicht hineindringen.

B. Über die glatten Muskelfasern.

Es wurde bereits im I. Abschnitte auf histogenetischem Wege erwiesen, dass die glatten Muskelfasern sich im Wesentlichen von den quergestreiften nicht unterscheiden und dass die Elemente der Ersteren, — die musculösen Faserzellen, — ihrer Bedeutung nach nichts anderes sind als Sarcoplasten. Bei quergestreiften Muskelfasern sind in der Regel die Sarcoplasten zu einem Ganzen verschmolzen und in einer besonderen elastischen membranösen Scheide — Sarcolemma — enthalten, während dieselben bei glatten Muskelfasern nur mittelst Bindesubstanz zu einem Bande vereinigt werden. Dass übrigens auch in dieser Beziehung zwischen beiden Arten von Muskelfasern nicht ganz scharfe Grenzen existiren, habe ich schon oben angegeben. Ein weiterer Unterschied wäre der geringere Grad der Differenzirung des Inhaltes, der aber auch nicht auf alle musculöse Faserzellen anwendbar ist, seitdem bei vielen derselben in neuester Zeit wirkliche Querstreifen entdeckt worden sind.

Übrigens gibt schon Lauth[1]) an, er habe am menschlichen Uterus Muskelbündel gesehen, welche, denen des Herzens ähnlich, mit deutlichen Längsstreifen, aber auch wiewohl mit selteneren wellenförmigen Querstreifen versehen waren. Andeutungen von Querstreifen scheinen auch andere Autoren hie und da bemerkt zu haben. Allgemein aber wurde die Oberfläche der glatten Muskelelemente als ganz glatt und homogen angesehen.

G. Viner Ellis[2]) spricht von einem gefleckten *(dotted)* Aussehen der unwillkürlichen Muskelfasern, das den Querstreifen der willkürlichen entsprechen soll und vermuthet zugleich, dass das gefleckte Aussehen derselben durch eine in der Anordnung verschiedene Zusammensetzung aus Inhaltspartikeln *(Sarcous elements)* erzeugt werde.

G. Meissner[3]) war der erste, der an den musculösen Faserzellen einiger Säugethiere im contrahirten Zustande deutliche Querstreifen beobachtet und abgebildet hat. Nur in Betreff der Ursache der Querstreifung scheint derselbe nicht ganz im Klaren, indem er geneigt ist diese einer Faltung oder Runzelung der Oberfläche zuzuschreiben.

Um mich daher von diesem höchst interessanten Verhalten der glatten Muskelelemente genau zu überzeugen und wo möglich auch die wahre Ursache der Querstreifung zu erforschen, habe ich diesen Gegenstand einer sorgfältigen Untersuchung unterworfen. Hiezu wählte ich die Muskelelemente der Harnblase und des Dünndarmes von Kaninchen und jungen Schweinen, welche ich nach der von Meissner angegebenen Methode 24 Stunden lang in verdünntem Holzessig macerirte und mittelst Präparirnadeln gehörig isolirt mit dem Mikroskope untersuchte.

Schon bei einer 360maligen Vergrösserung konnte ich an vielen ganz isolirt liegenden Faserzellen Querstreifen wahrnehmen; doch waren dieselben nicht so scharf gezeichnet, wie sie Meissner abbildet. Die Querstreifen erschienen mir nicht als zarte einfache Linien, noch

---

[1]) L'Institut 1834, Nr. 70.

[2]) Proc. of the Royal society 1856, Vol. VIII, Nr. 22, pag. 212.

[3]) Über das Verhalten der musculösen Faserzellen im contrahirten Zustande, in Zeitschr. für rat. Medicin, 1858, II. Bd., 3. Hft., S. 316 ff., Taf. V.

weniger aber als Runzeln oder Faltungen der Oberfläche, sondern als Reihen von ganz kleinen lichten glänzenden Pünktchen, welche rechtwinkelig zur Längsaxe der Zelle und parallel neben einander verliefen. Die Querreihen schienen durch kleine Zwischenräume von einander getrennt.

Bei 525- oder 936maliger Vergrösserung, die ich später bei demselben Präparate anwendete, konnte ich mich von der Richtigkeit obiger Beobachtung vollkommen und bis auf das kleinste Detail überzeugen. Bei allen muculösen Faserzellen war dann eine homogene Substanz zu unterscheiden, in welcher runde lichte Körnchen eingebettet waren. Die Grösse dieser Körnchen war bei verschiedenen Zellen verschieden; bei den einen nahmen sie sich wie lichte Pünktchen aus, bei den anderen waren dieselben grösser und deutlich contourirt. Alle aber fielen durch die stark lichtbrechende Eigenschaft, so wie durch ihre gelbliche Farbe auf, wodurch sie sich von der homogenen, schwach lichtbrechenden farblosen Grundsubstanz merklich unterscheiden. Diese Körnchen, die allen ihren Eigenschaften nach, bis auf die geringere Grösse, den *Sarcous elements* oder Fleischkörnchen der quergestreiften Muskelfaser entsprechen, sind bei manchen Zellen in grösserer, bei anderen in geringerer Anzahl vorhanden. In jenen Zellen, die eine deutliche Querstreifung zeigen, sieht man die Fleischkörnchen in regelmässigen parallelen Querreihen neben einander liegen, nur sind die Zwischenräume, welche die ganzen Querreihen so wie die einzelnen Fleischkörnchen einer Querreihe von einander trennen, wenigstens um die Hälfte kleiner als bei quergestreiften Muskelfasern. Gegen die beiden Spitzen hin liegen die Fleischkörnchen weniger regelmässig und scheinen auch viel kleiner, was die Ursache sein mag, dass die Querstreifung an diesen Stellen gewöhnlich fehlt (Taf. IV, Fig. 34 *c*). Bei anderen Faserzellen ist keine so regelmässige Anordnung der Fleischkörnchen wahrzunehmen; dieselben liegen mehr zerstreut im homogenen Inhalte, wo sie dann häufig an den Seitenrändern in Längsreihen geordnet erscheinen (Fig. 34 *a*). Bei manchen scheint die homogene Zwischensubstanz, wahrscheinlich in Folge der Maceration, theilweise aufgelöst, wodurch dann seichtere oder tiefere Einkerbungen vom Rande der Faserzelle aus gegen die Mitte zu entstehen und die Ränder derselben wie fein gesägt oder fein gekerbt aussehen (Fig. 34 *b*). Bisweilen erstrecken sich diese Einkerbungen durch die ganze Breite der Zelle, so dass dieselbe in mehrere regelmässige Querstückchen (Fleischscheiben) zerfällt.

Man ersieht hieraus, dass die Querstreifen auch bei den Elementen der glatten Muskelfasern vorkommen, und dass diese, wie bei quergestreiften Muskelfasern, durch die regelmässige Anordnung eigenthümlicher Fleischkörnchen oder *Sarcous elements* in einer homogenen, optisch und chemisch differenten Grundsubstanz erzeugt werden. Die Querstreifen fehlen aber bei allen jenen Muskelelementen, bei welchen die Fleischkörnchen entweder nicht regelmässig geordnet, oder wegen ihrer Kleinheit nicht wahrnehmbar sind.

Was die Kerne der musculösen Faserzellen anlangt, so wurde bereits im I. Abschnitte, wo von der Entwickelung der glatten Muskelfaser die Rede war, gesagt, dass bei vielen bläschenartige Kerne vorkommen. Durch Essigsäure zerfallen sie nicht selten in einen Haufen kleiner runder Körnchen (Taf. IV, Fig. 34 *d*); doch sind auch ohne Reagentien ähnliche, wahrscheinlich im Schwinden begriffene Kerne, so wie das Fehlen des Kernes bei vielen musculösen Faserzellen nicht selten (Fig. 34 *a*, *b*).

Bei anderen Faserzellen scheint die differenzirte contractile Substanz den ganzen inneren Raum auszufüllen bis auf eine Stelle in der Mitte, wo früher der Kern lag. Diese Stelle ist

als ein längerer oder kürzerer. an den Enden zugespitzter Fleck, oder als langer, schmaler Streif zu erkennen. Bei erwachsenen Thieren kommen am häufigsten die linearen, stäbchenförmigen Kerne längs der Axe der Spindelzellen vor, die höchst wahrscheinlich aus den bläschenartigen rundlich-ovalen embryonalen Kernen durch Verlängerung und Consolidirung entstehen. Durch Zusatz von Essigsäure quillt der contractile Inhalt auf, wird lichter ohne desshalb völlig aufgelöst zu werden, wodurch die stäbchenförmigen Kerne längs der Axe der Faserzellen noch schärfer hervortreten.

Bei glatten Muskelfasern erscheinen die Sarcoplasten oder musculösen Faserzellen neben und hinter einander gelagert, indem sie mittelst Bindesubstanz in der Regel zu einem Bande vereinigt werden. Die Sarcoplasten behalten hier eine grössere Selbstständigkeit als bei den quergestreiften Muskelfasern. Zwischen und über ihnen sieht man häufig feine elastische Fasern verlaufen, die in Essigsäure unlöslich sind. Henle[1]), der sie für Kernfasern hält, hat dieselben ganz richtig beschrieben. Sie setzen oft durch Anastomosen ein Netzwerk zusammen, in deren Maschen die Faserzellen liegen. In anderen Fällen scheinen sie wellig oder spiralig zwischen den Muskelfasern zu verlaufen ohne durch Seitenäste Anastomosen zu bilden. In diesem Falle scheinen die glatten Muskelfasern, nach Art der quergestreiften, aus mehreren neben und hinter einander zu einem continuirlichen musculösen Bande direct verwachsenen Sarcoplasten zu bestehen.

Zwischen den isolirten Elementen der glatten Muskelfasern finden sich nicht selten auch solche vor, die theils mit ihren Spitzen, theils an der Seite mit feinen elastischen Fasern innig zusammenhängen. Nicht selten habe ich bei jüngeren Thieren 2 — 3 — 5 solche Faserzellen in kleinen Gruppen beisammen getroffen, die mit feinen elastischen Fasern an ihrem Ende, wie mit Sehnen zusammenhingen, was auch Treitz[2]) und Meissner[3]) bereits beobachtet haben. Ich erlaube mir in dieser Beziehung nochmals die mit ähnlichen Fasern innig verbundenen Sarcoplasten der quergestreiften Muskelfasern kleiner Froschjungen in Erinnerung zu bringen (vergl. Taf. II, Fig. 11, 12). Diese Fasern scheinen die noch selbstständigen, nicht mit einander verschmolzenen Faserzellen oder Sarcoplasten, indem sie mit ihnen innig verbunden sind, bei der Contraction zusammenzuhalten.

---

[1]) Allgemeine Anatomie, 1841, S. 576.
[2]) A. a. O. S. 113.
[3]) A. a. O. S. 316.

Allgemeine Übersicht

der Resultate meiner Beobachtungen.

I. Bildung der quergestreiften Muskelfasern.

1. Die Bildung des Sarcolemma ist von der Entwickelung der contractilen Substanz genau zu unterscheiden.

2. Das Sarcolemma ist keine Zellenmembran und ist auch nicht durch Verschmelzung von Zellenmembranen entstanden.

3. Dasselbe bildet sich durch eine Art Verdichtung aus der homogenen oder fibrillären Bindesubstanz in Gestalt eines elastischen Begrenzungshäutchens und unter Mitwirkung der Kerne.

---

4. Die contractile Substanz ist das Product eigenthümlicher Zellen — sogenannter Sarcoplasten — welche im Blastem und längs der Fasern des Sarcolemma entstehen und sich Anfangs durch Theilung der Kerne und Endogenese vermehren.

5. Diese Zellen gehen eine eigenthümliche Metamorphose durch, indem sich ihr Inhalt allmählich in Fleischsubstanz umwandelt.

6. Die Metamorphose besteht darin, dass sich in dem homogenen Inhalte der Zelle Anfangs sehr kleine, stark lichtbrechende, gelbliche Körperchen von verschiedener Gestalt und Grösse bei verschiedenen Thieren und Muskeln differenziren und allmählich in Querreihen oder Querschichten längs der Zellenwand ablagern.

7. Die Ablagerung dieser Fleischkörnchen oder *Sarcous elements* schreitet von der Peripherie der Sarcoplasten gegen die Mitte, oder von der einen Seitenwand zur anderen hin, bis der ganze Zellenraum mit differenzirter Fleischsubstanz nicht ausgefüllt ist.

8. Die auf diese Art differenzirten Sarcoplasten stellen rundlich-ovale, cylindrische, mehr weniger spindelförmige Körper dar, mit deutlicher Querstreifung und enthalten ausser der contractilen Substanz oft 1—2 lichte Bläschen (Kernbläschen). Die Zellenmembran scheint mit dem Inhalte innig zu verwachsen und kann an vollkommen gebildeten Sarcoplasten direct nicht nachgewiesen werden.

9. Die Sarcoplasten können Fortsätze treiben, 2—3 oder mehrere, wobei stets eine Theilung der Kernbläschen vorangeht. Die Bildung der Fortsätze scheint durch eine Art Knospung zu geschehen.

10. Die Sarcoplasten, die gewöhnlich längs der feinen Faserzüge des embryonalen Sarcolemma entstehen, lagern sich neben und hinter einander und verschmelzen allmählich mit einander.

11. Die Verschmelzung kann sowohl in einfachen als in mehrfachen Reihen geschehen, immer jedoch so, dass sich die Sarcoplasten dabei nie mit breiter Basis berühren, sondern mit ihren Spitzen oder Fortsätzen nach Art der musculösen Faserzellen schief an einander legen.

12. Der contractile Inhalt des Sarcolemma ist daher ein Product der Verschmelzung mehrerer Sarcoplasten, die anfangs mit den Fasern des Sarcolemma in Verbindung stehen und vom Letzteren in Gestalt eines Schlauches umschlossen werden.

13. Die quergestreifte Muskelfaser geht somit weder aus der Verschmelzung einer einfachen Zellenreihe (nach Schwann'schem Typus), noch aus der Verlängerung einer einzigen Embryonalzelle hervor (nach Lebert, Remak, Kölliker).

14. Eben so muss die von Reichert, wie auch die von Leydig gegebene Darstellung der Bildungsweise der Muskelfasern als unrichtig betrachtet werden.

15. Die Sarcoplasten sind die Bildungsstätten der Fleischsubstanz, d. i. der in homogener Grundsubstanz eingelagerten *Sarcous elements*, und ihrer einzelnen doppeltbrechenden Bestandtheile, der von E. Brücke genannten Disdiaklasten; der contractile Inhalt des Sarcolemma geht aus der Verschmelzung der Sarcoplasten hervor.

16. Derselbe Bildungsmodus wurde nicht nur an Wirbelthieren und am Menschen, sondern auch an Insecten und Dekapoden beobachtet, kann also als allgemein giltig betrachtet werden.

17. Die Herzmuskelfasern bilden sich ebenfalls aus Sarcoplasten heran, welche netzförmig mit ihren Fortsätzen verschmelzen.

II. Bildung der glatten Muskelfasern.

18. Die Elemente der glatten Muskelfasern sind Sarcoplasten, bei denen der Inhalt dieselbe Metamorphose durchläuft, mit dem Unterschiede allein, dass die doppelt brechenden Fleischkörnchen viel kleiner sind und sich in geringerer Menge differenziren. Auch ist die regelmässige Anordnung der Letzteren viel seltener.

19. Die glatte Muskelfaser entsteht dadurch, dass sich mehrere neben und hinter einander gelagerte und mittelst Bindesubstanz und elastischer Fasern mit einander zusammenhängende Sarcoplasten zu einem Bande ver-

einen, dessen Elemente in der Regel nicht so vollständig, wie bei quergestreiften Muskelfasern, mit einander verschmelzen.

III. Wachsthum und Neubildung der Muskelfasern.

20. Das Längenwachsthum der quergestreiften Muskelfasern geschieht durch Vermehrung von Sarcoplasten innerhalb des Sarcolemma an den Enden der Muskelfasern, wobei auch Letzteres durch Vermehrung der Kerne an Länge zunimmt.

21. Das Dickenwachsthum erfolgt durch Sarcoplasten, welche sich an der inneren Wand des Sarcolemmaschlauches bilden und allmählich mit einander und mit der übrigen Muskelsubstanz verschmelzen.

22. Die physiologische, so wie die pathologische Volumenzunahme geschieht theils durch Dickenzunahme der schon fertigen, theils durch Bildung neuer Muskelfasern zwischen den bereits gebildeten.

23. Während des Wachsthums der Thiere und ihrer einzelnen musculösen Apparate findet eine Neubildung von musculösen Elementen Statt, welche denselben Gesetzen folgt, wie die erste Entwickelung der Muskelfasern.

24. Eine fortdauernde Neubildung von Muskelelementen, während im Leben durch die Thätigkeit derselben die alten resorbirt würden, wird durch die Erfahrung nicht bestätigt. Der Stoffwechsel in den Muskeln scheint ein blos molecularer zu sein und gründet sich nicht auf den Wechsel seiner histologischen Elemente.

IV. Structur der Muskelfasern.

25. Das Sarcolemma scheint nicht ganz structurlos zu sein; dasselbe besteht aus einem elastischen Begrenzungshäutchen, welches mit Kernen und mit feinen Fasern an der inneren Fläche versehen ist.

26. Das Sarcolemma bildet einen direct in die Sehne übergehenden Schlauch, worin die contractile Substanz enthalten ist.

27. Zwischen dem Sarcolemma und dem contractilen Inhalt desselben verlaufen eigenthümliche feine Fäden, die sich bis in die Sehne verfolgen lassen, und zwar nicht nur bei Wirbelthieren sondern auch bei Articulaten.

28. Es treten überdies noch innere Sehnenfäden mit dem Ende der Muskelfaser in Verbindung, es ist aber höchst wahrscheinlich, dass dieselben bei ganz gebildeten Muskelfasern in das Innere nicht hineindringen.

---

29. Der contractile Inhalt des Sarcolemma ist das Product der Verschmelzung der Sarcoplasten und besteht wie diese aus kleinen geformten Partikelchen

(Fleischkörnchen oder *Sarcous elements*) und einer homogenen Grundsubstanz, in welcher erstere eingebettet sind. Beide Substanzen unterscheiden sich physicalisch, chemisch und optisch von einander.

30. E. Brücke's Theorie über den feineren Bau der Muskelfasern beruht auf Thatsachen, die durch meine histogenetischen und vergleichenden Beobachtungen bestätigt werden.

31. Die Grösse und die Gestalt der Fleischkörnchen ist nicht nur bei verschiedenen Thieren, sondern auch bei ein und demselben Muskel eines Thieres verschieden, ja es können dieselben sogar innerhalb einer Muskelfaser differiren. Auch die Abstände der Fleischkörnchen von einander können sowohl nach der Länge als nach der Breite der Muskelfaser variiren.

32. Die Fleischkörnchen finden sich nicht allein an der Oberfläche, sondern in der ganzen Dicke der Muskelfaser.

33. Die Querstreifung wird durch die regelmässige Anordnung der Fleischkörnchen in parallelen Querschichten, die durch die homogene einfach lichtbrechende Grundsubstanz von einander getrennt werden, erzeugt.

34. In der lebenden Muskelfaser existiren weder Fibrillen noch Scheiben, diese sind blos das Product der Längs- oder Querspaltung, welche bei todten und macerirten Muskelfasern unter gewissen Umständen eintreten kann.

35. Im Inneren der contractilen Substanz existiren weder Bindegewebskörperchen, noch plasmaführende Canäle (Leydig, Welcker).

36. Die im Inneren oder an der Oberfläche der contractilen Substanz vorkommenden Kerne sind ihrem Ursprung und ihrer Bedeutung nach von den im Sarcolemma liegenden Kernen genau zu unterscheiden. Erstere sind die Kerne jener Sarcoplasten, aus deren Verschmelzung die Muskelfaser hervorgegangen ist, letztere aber gehören dem Sarcolemma zu.

37. Die an Querschnitten als Bindegewebskörperchen oder sogenannte Muskelkörperchen und als Durchschnitte von Canälen gedeuteten Bilder reduciren sich entweder auf Spalten in der getrockneten contractilen Substanz, oder auf zerdrückte *Sarcous elements*, oder auf einzelne mit der übrigen Substanz nicht ganz verschmolzene Sarcoplasten und deren Kerne.

38. Die längs der Oberfläche der Muskelfasern nicht selten vorkommenden dunkeln, einander nicht correspondirenden, unterbrochenen Längslinien sind die Grenzlinien zwischen den einzelnen verwachsenen Sarcoplasten, die oft auch später bei ganz gebildeten Muskelfasern sichtbar bleiben.

---

39. Die contractilen Faserzellen oder Sarcoplasten der glatten Muskelfasern bestehen aus einer homogenen Grundsubstanz und den stark lichtbrechenden Fleischkörnchen. Diese können hier, eben so wie bei quergestreiften Muskelfasern, durch ihre regelmässige Anordnung eine deutliche Querstreifung hervorrufen. Bei allen jenen Faserzellen, die keine deutliche Quer-

streifung zeigen, sind die Fleischkörnchen entweder unregelmässig in der homogenen Substanz eingelagert, oder wegen ihrer Kleinheit nicht sichtbar, oder ihre einzelnen, doppeltbrechenden Bestandtheile — Disdiaklasten — sind nicht gruppenweise, sondern gleichförmig im homogenem Inhalte vertheilt.

40. Musculöse Faserzellen besitzen in der Regel einen rundlich-ovalen, bläschenartigen oder linearen, stäbchenförmigen Kern; doch ist auch das Fehlen des Kernes bei manchen Faserzellen nicht selten.

ERKLÄRUNG DER ABBILDUNGEN.

Fig. 1—12, 30—33 und 38 Muskelelemente von *Rana*. — Fig. 13 vom Sperling. — Fig. 14 von *Mus decumanus*. — Fig. 15 und 37 vom Menschen. — Fig. 16 und 35 vom Schwein. — Fig. 17 von *Perca fluviatilis*. — Fig. 18 von *Saturnia piri*. — Fig. 19—29 und 40 von *Astacus fluviatilis*. — Fig. 34 vom Kaninchen. — Fig. 36 vom Hühnchen. — Fig. 39 vom *Acridium stridulum*.

TAFEL I.

Fig. 1. In der Entwickelung begriffene Muskelelemente aus den Rückenmuskeln einer 25 Millim. langen Froschlarve, 200mal vergrössert.

A. In der Entwickelung begriffene Muskelfaser. — *a*. Sarcolemma. — *b*. Sarcoplasten in verschiedenem Entwicklungszustande zwischen dem Sarcolemma und der schon fertigen contractilen Substanz *c*.

B. Isolirte Sarcoplasten. — *a, b, c*. Bildungszellen der Sarcoplasten mit 1 — 2 Kernen und beginnender Umwandlung des Inhalts in Fleischsubstanz. — *d*. Zu quergestreiften Sarcoplasten umgewandelte Bildungszellen mit Kernbläschen. — *e, e*. Mehr ausgewachsene Sarcoplasten. — *f*. Ein Sarcoplast mit beginnender Bildung von Fortsätzen am Ende.

Fig. 2. Sarcoplasten einer Froschlarve mit Essigsäure behandelt. Vergröss. 200.

Fig. 3. Sarcoplasten einer Froschlarve bei stärkerer Vergrösserung.

A. 360 Mal vergrössert. — 1) Sarcoplast mit einem Fortsatz und beginnender Bildung eines zweiten *a*; — *b*. Kernbläschen. — 2) Sarcoplast mit drei Fortsätzen und einem in Theilung begriffenen Kernbläschen.

B. 936 Mal vergrössert. — 1) Ein einfacher Sarcoplast mit zwei Kernbläschen *a*; — reihenweis gelagerte Fleischkörnchen *c*. in der homogenen Grundsubstanz *b*. — 2) Sarcoplast mit zwei Ausläufern und Kernbläschen *a*. *a*.

Fig. 4. In endogener Vermehrung begriffene Sarcoplasten eines 25 Millim. langen Froschjungen, aus den Rückenmuskeln. Vergrösserung 360.

a, a. Sarcolemma. — *b*. Einfache Bildungszelle mit einem Kerne. — *c, c, c*. Quergestreifte Sarcoplasten als Tochterzellen zu 2—5 und mehrere in Mutterzellen *f, f, f*. — *d*. Freigewordene Gruppe von Sarcoplasten.

Fig. 5. Isolirte, in endogener Vermehrung begriffene Sarcoplasten. Vergröss. 360.

a, a, a. Einfache Zellen mit einem oder mehreren Kernen. — *b*. Mutterzellenmembran. — *c, c*. Quergestreifte Tochterzellen mit Kernbläschen. — *d*. Freie Kerne.

Fig. 6. Muskelfasern, den Rückenmuskeln eines Froschjungen entnommen. Vergrös. 360.

a. Sehne einer fertigen Muskelfaser *b*. — *c*. Leerer Sarcolemmaschlauch. — *d*. Sarcolemmaschlauch mit quergestreiften dicht neben einander liegenden Sarcoplasten *e, e, e* ausgefüllt.

Fig. 7. Muskelfaser in der Entwickelung, mit beginnender Verschmelzung der Sarcoplasten, aus den Rückenmuskeln eines 25 Millim. langen Froschjungen, 360 Mal vergrössert.

a, a. Sarcolemma. — *b, b, b*. Gruppen von Sarcoplasten. — *c, c*. Dicht neben und hinter einander gelagerte in Verschmelzung begriffene Sarcoplasten innerhalb des Sarcolemma. — *d*. Zu einer mehr continuirlichen Substanz bereits verschmolzene Sarcoplasten.

Fig. 8. Muskelfaser in der Entwickelung, mit weiter fortgeschrittener Verschmelzung der Sarcoplasten, ebendaher, 360 Mal vergrössert.

a, a, a. Kernbläschen. — *b, b*. dunkle, mit einander nicht correspondirende Längslinien, als Grenzlinien zwischen den verschmelzenden Sarcoplasten.

Fig. 9. Im Wachsthum begriffene Muskelfaser aus der Schultergegend eines 3 Centim. langen Froschjungen, 360 Mal vergrössert.

a, a. Sarcolemma. — *b*. Sehne. — *c*. Fertige Muskelfaser. — *d*. Bildungszellen der Sarcoplasten. — *e, e, e, e*. Einzeln und gruppenweise beisammen liegende Sarcoplasten unter dem Sarcolemma.

Fig. 10. Im Wachsthum begriffene Muskelfaser aus der hinteren Extremität einer Froschlarve. Vergrösserung 360.

a. Sarcolemma. — *b, b*. Sarcoplasten am Ende der Muskelfaser. — *c*. Aus bereits verschmolzenen Sarcoplasten hervorgegangene continuirliche Muskelsubstanz. — *d, d*. Grenzlinien zwischen den verschmolzenen Sarcoplasten.

TAFEL II.

Fig. 11. Muskelfasern und Sehnenbündel aus den Rückenmuskeln eines 25 Millim. langen Froschjungen, 360 Mal vergrössert.

a, a, a. Sarcoplastengruppen zwischen den Sehnenfasern eingelagert, mit letzteren in Verbindung. — *b*. Sarcoplasten in Begriff zu einer continuirlichen Muskelfaser zusammen zu schmelzen. — *c, c*. Fasern des Sehnenbündels. — *d*. Sarcolemma direct in die Sehne übergehend. — *e*. Fertige Muskelfaser.

Fig. 12. Eine Gruppe von Sarcoplasten aus der Fig. 11 bei 936maliger Vergrösserung. Der contractile Inhalt besteht aus homogener Grundsubstanz und den in dieser eingelagerten Fleischkörnchen oder *Sarcous elements.*

a. Ein Sarcoplast, in welchem die Disdiaklasten sich zu Gruppen noch nicht vollkommen vereinigt hatten. In der homogenen Grundsubstanz, welche mit sehr kleinen lichten Pünktchen besäet ist, erscheinen meist an der Wandung einzelne Gruppen von Disdiaklasten, in Gestalt von *Sarcous elements.* — *b.* Ein Sarcoplast, in welchem die *Sarcous elements* überall deutlich und regelmässig in Querreihen geordnet erscheinen, wodurch Querstreifen erzeugt werden. — In *c.* sind die Fleischkörnchen theilweise aus ihrer regelmässigen Gleichgewichtslage gebracht. — *d.* Zwei kleinere an Sarcoplasten sich anheftende Faserbündelchen. — *f.* Fibrilläre Sehnensubstanz mit eingestreuten kleinen Körnchen.

Fig. 13. Muskelelemente aus der oberflächlichsten Schicht des *M. pectoralis* eines jungen Sperlings, 360 Mal vergrössert.

a. Bildungszellen der Sarcoplasten, mit Kern, Zellmembran und auf einer Seite der Zellenwand abgelagertem quergestreiften Inhalt. — *b, b.* Sarcoplasten, weiter entwickelt, mit Kernbläschen am Ende derselben *c, c.* — *d.* Fertige Muskelfaser. — *f.* Ein Sarcoplast mit zum Theile und längs der einen Seite der Zellenwand differenzirtem Inhalt.

Fig. 14. Muskelelemente in der Entwickelung aus dem *M. pectoralis* eines 42 Millim. langen Embryo einer Wanderratte *(Mus decumanus).* Vergrösserung 360.

a, a. Bildungszellen mit Zellenmembran, Kern und homogenem Inhalt. — *b.* Aus einer proliferen Bildungszelle frei gewordene Gruppe junger Sarcoplasten. — *c, c, c, c.* Junge Sarcoplasten mit differenzirtem, quergestreiftem Inhalt längs der Zellenwand und centraler Lücke. — *d, d, d, d.* Ganz quergestreifte Sarcoplasten, von verschiedener Grösse; an einem Ende derselben häufig ein lichtes Kernbläschen; die Sarcoplasten liegen theils mehr isolirt, theils in dichten Reihen, in einem fein-faserigen Blastem *f, f,* und hängen mit den Fasern des Letzeren zusammen.

Fig. 15. Muskelfasern in der Entwickelung aus dem *M. pectoralis* eines 6 Centim. langen menschlichen Embryos, 360 Mal vergrössert.

a, a, a, a, a. In der Entwickelung begriffene Sarcoplasten oder Bildungszellen derselben. — *b, b.* Vollkommen entwickelte Sarcoplasten. — *c.* Continuirliche Muskelsubstanz aus verlängerten und mit einander verschmolzenen Sarcoplasten bestehend. — *d, d.* Sarcolemma in der Entwickelung, mit feinen elastischen Fasern und Kernen *f, f.*

Fig. 16. Muskelelemente aus der Harnblasenwand eines reifen Schweinsfötus, nach 24stündiger Maceration in KO, ClO_5 und NO_5, 360 Mal vergrössert.

a, a. Bindesubstanz mit Fasern und Kernen. — *b.* Junge Sarcoplasten mit Zellmembran, Kern und homogenem oder fein granulirtem Inhalt. — *c, c.* Längliche mehr entwickelte Sarcoplasten mit theilweise differenzirtem, spurweise quergestreiftem Inhalt und mit länglichen Lücken längs der Axe. — *d, d.* Gruppenweise neben einander liegende Sarcoplasten in Gestalt von contractilen Faserzellen. — *e.* Bündeln von ausgewachsenen Sarcoplasten. sogenannte glatte Muskelfasern.

Fig. 17. Embryonale Muskelfasern, den Rückenmuskeln einer 25 Millim. langen *Perca fluviatilis* entnommen, 360 Mal vergrössert.

a, a. Sarcolemma mit Fasern und Kernen. — *b.* Mehrere Muskelfasern mit continuirlicher quergestreifter Wandung und scheinbarem Hohlraum längs der Axe, ausgefüllt mit Sarcoplasten. — *c.* Sarcoplasten mit deutlicher Querstreifung in verschiedenem Entwickelungszustande, theils isolirt, theils gruppenweise aus dem centralen Hohlraume einer gerissenen Muskelfaser herausgefallen. — *d.* Solide, vollkommen gebildete Muskelfaser. — *e.* Eine Sarcoplastengruppe zwischen dem Sarcolemma und dem übrigen contractilen Inhalt.

Fig. 18. Muskelelemente in der Entwickelung aus dem Abdomen einer Puppe von *Saturnia piri,* 360 Mal vergrössert.

A. Erste Anlage der Muskelfaser. — *a.* Homogene Bindesubstanz zu einem elastischen Häutchen sich consolidirend (Sarcolemma). — *b.* Sarcoplasten in verschiedenem Entwickelungszustande, theils isolirt, theils in Gruppen beisammen liegend innerhalb des Sarcolemmaschlauches.

B. In der Entwickelung weiter fortgeschrittene Muskelfaser. — *c.* Sarcoplasten innerhalb des Sarcolemma. — *d.* Mehr ausgewachsene und mit einander zu einer continuirlichen Substanz verschmelzende Sarcoplasten.

TAFEL III.

Fig. 19. Erste Anlage der Muskelfasern aus der Dünndarmwand eines 38 Millim. langen Flusskrebses *(Astacus fluviatilis),* 360 Mal vergrössert.

a. Blastem mit eingestreuten Molecularkörnern und Kernen. — *b, b, b.* Bildungszellen der Sarcoplasten mit Zellmembran, 1—2 Kernen und homogenem oder zum Theil differenzirtem Inhalt. — *c, c.* Sarcoplasten mit zum Theil quergestreiftem wandständigen Inhalt und Kernbläschen. — *d.* Spindelförmig ausgewachsene, einfache junge Sarcoplasten. — *f.* Mehr ausgewachsener quergestreifter Sarcoplast. — *g, g.* Seitlich mit einander verschmelzende Sarcoplasten. — *h.* Ein Sarcoplast in zwei zackenförmige Fortsätze auswachsend.

Fig. 20. Muskelfasern in weiter fortgeschrittener Entwickelung aus der Dünndarmwand eines 50 Millim. langen Flusskrebses. Vergrösserung 360.

a. Blastem mit feinen elastischen Fasern. — *b.* Sarcoplasten in der Bildung begriffen. — c. Mit einander verschmelzende, ausgewachsene Sarcoplasten der Längsfaserschicht angehörend, mit noch jungen Sarcoplasten in den Zwischenräumen. — *d.* Dieselben aus der Querfaserschicht.

Fig. 21. Eine ganze Entwickelungsreihe von Sarcoplasten aus der Darmwand eines jungen Flusskrebses. Vergrösserung 360.

a. Runde Bildungszelle mit Membran, homogenem oder feingranulirtem Inhalt, Nucleus und Nucleolus. — *b.* Ovale Bildungszelle mit beginnender Differenzirung des Inhalts, Nucleus und Nucleolus. — *c.* Ovale Bildungszelle mit bereits

an der inneren Zellenwand abgelagertem quergestreiftem Inhalt und schwindendem Kern. — *d.* Vollkommen gebildeter Sarcoplast spindelförmig ausgewachsen. — *e.* Sarcoplast mit zwei zackenförmigen Ausläufern an einem Ende. — *f.* Ein ähnlicher in drei Fortsätze auswachsender Sarcoplast. — *g.* Einige einfache Sarcoplasten seitlich und mit ihren Enden zusammenhängend.

Fig. 22. In der Entwickelung begriffene Muskelfasern aus der Darmwand eines 6 Centim. langen Flusskrebses, 360 Mal vergrössert.
a, a, a. Junge Sarcoplasten mit Kern und theils homogenem, theils quergestreiftem Inhalt. — *b, b, b.* Sarcoplasten mit deutlicher Querstreifung, in Verschmelzung begriffen. — *c.* Bindesubstanz mit elastischen Fasern, die Stelle des Sarcolemma vertretend.

Fig. 23. Bildung der Sarcoplasten aus dem Scheerenmuskel eines jungen 5 Centim. langen Flusskrebses, 360 Mal vergrössert.
a, a. Zellenmembran. — *b, b.* Contractiler, zum Theil bereits quergestreifter Inhalt. — *c.* Kernbläschen. — *d, d.* Freie Kerne.

Fig. 24. Zwei aus einfachen, verschmolzenen Sarcoplasten zusammengesetzte Muskelfaserstücke, aus dem Schwanzstrecker eines 5 Centim. langen Flusskrebses, 360 Mal vergrössert.
A. Zwei mit einander völlig verschmolzene Sarcoplasten, mit noch deutlich sichtbarer Grenzlinie zwischen denselben.
B. Mehrere Sarcoplasten zu einer continuirlichen Substanz verschmolzen. — *c, c.* Kernbläschen.

Fig. 25. Embryonale Muskelfaser, ebendaher, 360 Mal vergrössert.
a. Junge, noch getrennte Sarcoplasten am Ende derselben. — *b.* Miteinander bereits verschmolzene Sarcoplasten. — *c, c.* Grenzlinien zwischen denselben, als dunkle nicht correspondirende Längslinien erscheinend.

Fig. 26. Eine in der Bildung und im Wachsthum begriffene Muskelfaser aus dem Schwanzstrecker eines 5 Centim. langen Flusskrebses, 360 Mal vergrössert.
a. Die contractile Substanz aus zwei grösseren spindelförmigen Stücken bestehend, die an einer Stelle durch eine Verbindungsbrücke in einander fliessen. Die dunkeln Linien an der Oberfläche stellen die Grenzlinien dar zwischen den einzelnen mit einander bereits verschmolzenen Sarcoplasten, aus welchen die grösseren Stücke zusammengesetzt sind. — *b.* Zurückgebliebenes Kernbläschen innerhalb der contractilen Substanz. — *c, c.* In der Bildung begriffenes Sarcolemma, die contractile Substanz in Gestalt eines Schlauches einhüllend, an dessen innerer Seite feine Fäden verlaufen. — *d.* Eine Faser aus dem gerissenen Sarcolemma hervorragend. — *f.* Ein junger, noch unreifer Sarcoplast.

Fig. 27. Fertige Muskelfaser vom Sarcolemma umgeben, ebendaher. Vergrösserung 360.
a. Contractiler Inhalt; die Grenzlinien zwischen den einzelnen Theilen als dunkle Längslinien noch sichtbar. — *b.* Sarcolemmaschlauch mit sich theilenden und netzförmig anastomosirenden Fasern. — *c.* Eine solche Faser mit der contractilen Substanz in directer Verbindung.

TAFEL IV.

Fig. 28. Baumförmig ramificirte Muskelfaser aus dem Dünndarm eines 6 Centim. langen Flusskrebses, 360 Mal vergrössert.

Fig. 29. Stücke von Muskelfasern aus dem Kiefermuskel eines erwachsenen Flusskrebses. Vergrösserung 936.
a, a. Fleischkörnchen oder *Sarcous elements* in Gestalt von Prismen oder Cylindern, welche regelmässig neben und über einander in der homogenen einfach lichtbrechenden Grundsubstanz eingelagert sind. — *b.* Einige *Sarcous elements*, welche ihre regelmässige Anordnung durch die Präparation verloren haben.

Fig. 30. Übergang einer Muskelfaser in die Sehne, den Rückenmuskeln eines Froschjungen entnommen. Vergrösserung 936.
a. Sarcolemmaschlauch direct in die Sehnensubstanz übergehend. — *b.* Sehnenbündel, an die contractile Substanz sich anheftend. — *c.* Contractile Substanz aus ellipsoidischen oder cylindrischen Fleischkörnchen bestehend, regelmässig in der homogenen Grundsubstanz eingelagert. Durch die dunkeln Linien an der Oberfläche ist die Zusammensetzung der contractilen Substanz aus mehreren Sarcoplasten angedeutet. — *d.* Eine auf der inneren Fläche des Sarcolemma verlaufende Faser.

Fig. 31. Muskelfaserstücke aus der hinteren Extremität einer Froschlarve, 936 Mal vergrössert.
a. a. Regelmässig geordnete runde Fleischkörnchen in der einfach lichtbrechenden homogenen Grundsubstanz eingebettet. — *b, b.* Einzelne aus der Gleichgewichtslage gebrachte Fleischkörnchen.

Fig. 32. Muskelfaser eines erwachsenen Frosches aus dem *M. gastrocnemius,* 360 Mal vergrössert.
a. Contractile Muskelsubstanz. — *b. b.* Sarcolemma, auf einer Seite der Muskelfaser weit abstehend, mit feinen, häufig in blasse Kerne anschwellenden Fasern auf der inneren Fläche.

Fig. 33. Drei Muskelfasern sammt ihren Sehnenansatz, aus den Rückenmuskeln einer Froschlarve. Vergrösserung 360.
a. Contractile Muskelsubstanz, deren Zusammensetzung aus verschmolzenen Sarcoplasten durch die dunkeln Längslinien an der Oberfläche, wie auch durch die in die Sehnensubstanz hineinragenden konischen oder abgerundeten Zacken noch angedeutet ist. — *b.* Sarcolemma direct in die Sehnensubstanz übergehend. — *c.* Eine Gruppe von Bildungszellen der Sarcoplasten am Ende der Muskelfaser. — *d.* Fasern und blasse Kerne der Sehnensubstanz.

Fig. 34. Elemente der glatten Muskelfasern aus der Harnblasenwand eines Kaninchens nach 24stündiger Maceration in verdünntem Holzessig. Vergrösserung 936.
a. Spindelförmig ausgewachsener Sarcoplast oder musculöse Faserzelle, mit sehr kleinen runden Fleischkörnchen, die zerstreut in der homogenen Grundsubstanz liegen. — *b.* Musculöse Faserzelle mit sehr kleinen, dicht neben einander in Querreihen gelagerten Fleischkörnchen, fein gekerbtem Rande und mit beginnendem Zerfallen in kleine

Querstückchen. — *c*. Musculöse Faserzelle, mit regelmässig in parallelen Querreihen geordneten Fleischkörnchen in der homogenen Grundsubstanz, als Ursache der Querstreifung. Gegen die Spitze zu liegen die Fleischkörnchen weniger regelmässig und scheinen viel kleiner zu sein. — Im Inneren derselben ist ein ovaler, ursprünglich bläschenartiger, durch die Holzessigsäure körnig gewordener Kern *d*.

TAFEL V.

Fig. 35. *A*. Querschnitt aus dem getrockneten Gastrocnemius eines 9 Centim. langen Schweinsfötus. Vergrösserung 360.

a. Perimysium. — *b*. Durchschnitte von embryonalen in der Bildung begriffenen Muskelfasern, mit einer centralen, Blastem enthaltenden Lücke und querdurchschnittenen ringsherum gelagerten Sarcoplasten innerhalb des Sarcolemma. — *c*. Durchschnitte bereits gebildeter Muskelfasern.

B. Ein Theil desselben Querschnittes bei 525maliger Vergrösserung, einige embryonale in der Bildung begriffene Muskelfasern und Sarcoplasten im Querschnitte darstellend. — *f, f*. Centrale Lücken, die mit Sarcoplasten noch nicht ausgefüllt sind. — *g*. Durchschnitte der an der inneren Wand des Sarcolemma bereits vollkommen differenzirten, aber noch nicht verschmolzenen Sarcoplasten, deren jeder kleine, runde Körnchen — Fleischkörnchen — in einer homogenen Grundsubstanz eingelagert zeigt. — *k, k*. Durchschnitte von Sarcoplasten mit nicht vollendeter Differenzirung ihres Inhaltes, der in der Mitte desshalb noch ganz homogen erscheint.

Fig. 36. Querschnitt aus dem getrockneten Schenkelmuskel eines 18tägigen Hühnerembryos, 360 Mal vergrössert.

a. Sarcolemma und Muskelfasern im Querschnitte; in diesen nimmt man im Innern dicht neben einander gelagerte Fleischkörnchen wahr, mit sehr wenig homogener Grundsubstanz. — *b*. Perimysium und secundäre Muskelbündeln.

Fig. 37. Querschnitt eines getrockneten *M. plantaris* des Menschen, 360 Mal vergrössert.

a. Sarcolemma. — *b, b*. Querschnitte von Muskelfasern mit dicht und concentrisch neben einander gelagerten Fleischkörnchen in der homogenen Grundsubstanz. — *c, c*. Querschnitte mit wenigen, durch den Schnitt etwas zerstreuten Fleischkörnchen. — *d*. Querschnitt mit künstlich erzeugten Rissen und Spalten in der contractilen Substanz. — *f. f*. Querschnitte mit theils regelmässig geordneten, theils mit dem Messer zerdrückten Fleischkörnchen.

Fig. 38. Querschnitt aus dem *M. gastrocnemius* eines erwachsenen Frosches. Vergrösserung 360.

a. Sarcolemma. — *b*. Querschnitt einer Muskelfaser mit reihenweis und beinahe concentrisch geordneten Fleischkörnchen in der homogenen Grundsubstanz; einige von diesen liegen über dem Niveau der übrigen und scheinen stärker lichtbrechend, was wohl dem mechanischen Eingriff zuzuschreiben ist, wodurch einzelne Fleischkörnchen leicht aus ihrer Lage gebracht werden und so ihre optischen Axen eine zur Fortpflanzungsrichtung der Lichtstrahlen senkrechte Lage bekommen. — *c*. Durchschnitte mit den Contouren der Fleischkörnchen in der homogenen Grundsubstanz, einigen Kernen, aber auch mit einigen künstlich entstandenen Spalten und zerdrückten oder gequetschten Fleischkörnchen. — *d*. Durchschnitte mit Spalten und Klüftungen, welche durch die Präparation entstanden sind.

Fig. 39. Querschnitt aus dem getrockneten Hinterschenkel (Springfuss) einer Feldheuschrecke *(Acridium stridulum)*. Vergröss. 360.

a. Sarcolemma. — *b, b. b*. Durchschnitte der Muskelfasern mit regelmässig in concentrischen oder wellenförmigen Linien geordneten Fleischkörnchen in homogener Grundsubstanz.

Fig. 40. Querschnitt aus dem Schwanzstrecker eines jungen Flusskrebses, 360 Mal vergrössert.

a. Secundäre und primäre Muskelbündel aus noch gesonderten Sarcoplasten bestehend. — *b*. Einzelne Sarcoplasten am Rande des Präparates, deren Contouren noch deutlich sichtbar sind. — *c*. Sarcolemma. — *d, d*. Durchschnitte von Muskelfasern mit grösstentheils verschmolzenen Sarcoplasten und deutlich wahrnehmbaren Fleischkörnchen in der homogenen, einfach lichtbrechenden Grundsubstanz. (Die Längsansicht solcher Muskelfasern findet sich auf Taf. III, Fig. 25 abgebildet.)